新智識叢書

海洋學通論



商務印書館發行





新智識叢書

海洋學通論

梶山英二著
許心芸譯

商務印書館

新智識叢書

海洋學通論

中華民國十九年十二月初版

每冊定價大洋叁角伍分

外埠酌加運費匯費

原著者 梶山英二

譯述者 許心芸

發行兼印刷者 上海寶山路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

New Knowledge Library

GENERAL OCEANOGRAPHY

By

KAJIYAMA

Translated by

HSU SIN YUN

1st ed., Dec., 1/30

Price: $0.35, postage extra

THE COMMERCIAL PRESS, LTD., SHANGHAI

A一一〇裝

海洋學通論

目次

第三章　海洋生物學

海洋學通論

緒論

吾人當風平浪靜、海面如鏡之春日，駕舟泛乎海中，見美麗之日光，自杳渺之蒼穹下射，映照水面，顯露光輝，而柔和之微風，輕拂肌膚，倍覺舒暢。當斯時焉，放眼遠眺，恍惚獨坐草地之中央，快感無窮，幾不知托身何所矣。然偶爾步近船緣，俯視深海中黑暗之水層，頓覺慄然生畏，如一旦風伯施威，陰暗之海面上，怒濤膨湃，形同鋸齒，聲若雷動，豈不更可畏懼乎。從此知宇宙之變幻無常，眞可令人心驚不止也。其他如海水常無一刻停滯，必向任何方向不絕流動，溫暖之海流與寒冷之海流，常相混合而調節氣候，海底經過長久年月之變化其構造，海棲生物之強食弱肉，到處發生生存競爭等，觸目皆然，大有施以研究之價值。海洋學者、卽爲研究此等事實之學科也。考海洋學一科，自英國之調查船在一八七二年至一八七六年間就各大洋調查以後，始行勃興，就此研

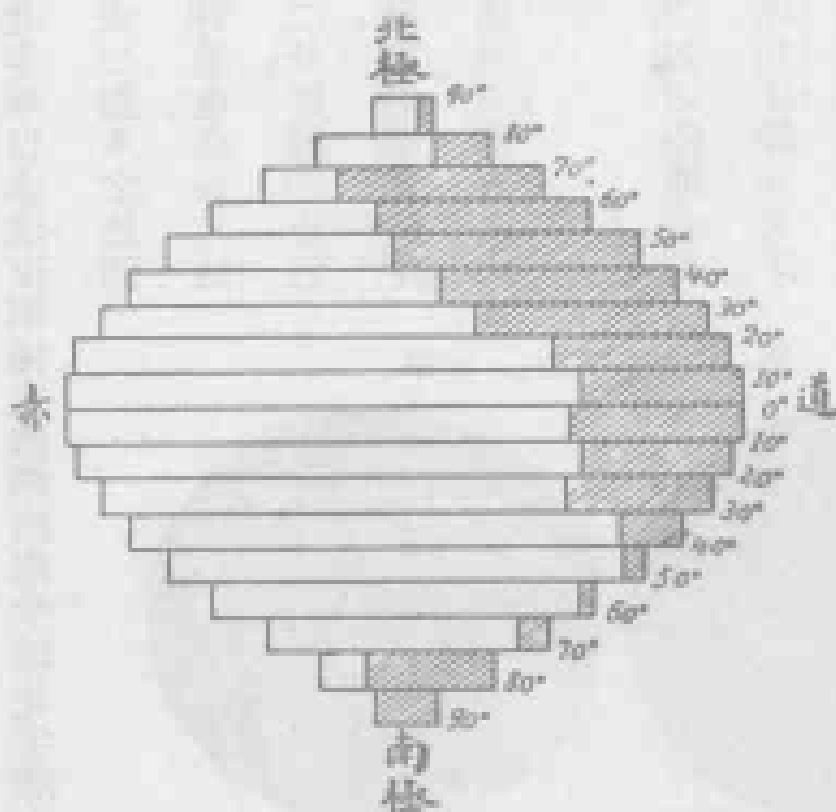
究者漸多，至於現世，此科之學業，亦漸見進步矣。

第一章　海洋地學

第一節　海洋之廣袤

吾等所居之地球，其表面積約達五億一千萬方公里之多，其中陸面積約居一億五千萬方公里，海面積約居三億六千萬方公里。由此可知陸面積與海面積適成三對七之比例也。茲如在緯度每十度中，試將兩面積比較之，北半球自北緯四十度至七十度處，南半球自南緯七十度至九十度處，陸面積卻較海面積為大（第一圖）。

第一圖

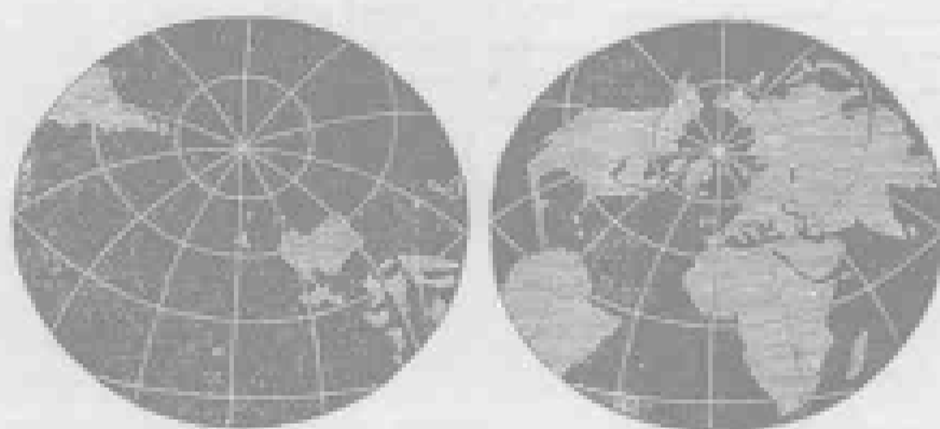


海陸面積之比例（有線部陸地無線部海面）

地球之上，凡自赤道至北極之處，稱曰北半球，自赤道至南極之處，稱曰南半球。北半球上，陸地與海面係成四對六之比例，南半球上，卻成二對八之比例；換言之，卽陸地偏在北半球，海面偏在南半球是也。茲如定倫敦附近及新西蘭附近為兩極，將地球分為二分，卽得一方包含陸地之大部，他方僅殘留小部分之兩半球，前者稱為陸半球，後者稱為水半球。陸半球中，陸地與海面適成五對五之比例，水半球中則成一對九之比例（第二圖）。

海面極廣者名曰洋，較小者名曰海，三方包以陸地者，名曰灣。從來雖將海面分為太平、大西、印度、南冰、北冰等五大洋，惟如北冰洋者其面積名為洋而實小，故於地形上，祇能隸屬於大西洋，南冰洋因天然之區劃不明，故多分割隸屬於太平、大西、印度三大洋。又其附屬之海灣，在地形上，亦各各隸屬於

第二圖



陸半球（右）與水半球（左）

太平、大西、印度三洋。故至現世，地球上之全海面，實際上祇分三大洋而已；卽海面三億六千萬方公里，中太平洋居一億七千七百萬方公里，大西洋居一億七百萬方公里，印度洋居七千六百萬方公里。是其中太平洋及大西洋之面積，因甚廣大，故得由赤道劃分為南北太平洋與南北大西洋之二分。茲將隸屬於三大洋之主要海灣及其面積，列表於左：

名稱	面積	名稱	面積
東海	一二四〇千方公里	北海	五七二千方公里
南海	二一四〇	北極海	一四〇〇〇
日本海	一〇四三	地中海	二九七〇
鄂霍次克海	一五〇八	紅海	四六〇
白令海	二二七五	墨西哥灣及加勒比海	四五八〇

地球上之陸地，如合併南極大陸計之，總可分爲七大洲，面積約一億五千萬方公里。茲亦表示於左：

洲名	面積（百萬方公里）	洲名	面積（百萬方公里）
亞細亞洲	四三	亞非利加洲	三〇
北亞美利加洲	二一	南亞美利加洲	二〇
南極洲	一四	大洋洲	一二
歐羅巴洲	一〇	計	一五〇

七大洲中，以亞細亞洲之面積最廣，亞非利加洲次之，歐羅巴洲最狹，試觀七大洲之總面積，尚不及太平洋之面積，是則海面之大，眞可令人咋舌也。

上述之太平、大西、印度三大洋，大部分雖爲地殼構成以來之海面，然隸屬於該洋等之海灣，因地殼之變動，必經幾度變爲陸地或變爲海灣。故海灣依其成因上常有侵入海（灣）與陷沒海（灣）之分。侵入海乃由地殼一般的下降，海水侵入此處所出現之海，水勢並不深大，底面平坦，是其特色；如歐洲之北海與吾國之東海，即其一例。陷沒海乃由地殼部分的陷沒，海水盜入此處而成之海，水勢深大，底面窪陷，其周圍之陸地上，往往山脈連綿，是其特色，如日本海與地中海，即其一例。

第二節　海洋之形態

地殼之高低，雖變化極多，然大別之，則有五等，如陷沒地域、大洋低臺地域、大陸斜面地域、大陸高臺地域與最高地域是。陸地平均之高度，約爲七百公尺，海面平均之深度，約爲三千六百八十一公尺，若將地球之表面平均之，則全體必俱成海面，而地殼之上，常以深達二千四百公尺之海水圍繞之矣。茲將地殼高低之情形，列表於下：

	名稱		深及高（以公尺為單位）	面積（以百萬方公里為單位）	面積百分比	海面積及陸面積之百分比
一	陷沒地域		五五〇〇以上	二〇	四	六
二	大洋低臺地域		五五〇〇至二三〇〇	二六五	五二	七三
三	大陸斜面地域	海　斜面區域	二三〇〇至二〇〇	四五	九	一二
		海　大陸架	二〇〇至〇	三一	六	九
		陸　低地	〇至二〇〇	四三	八	二九
		陸　丘陵地	二〇〇至六〇〇	五三	一〇	三六
四	大陸高臺地域		六〇〇至二〇〇〇	二三	五	一五
五	最高地域		一〇〇〇以上	三〇	六	二〇

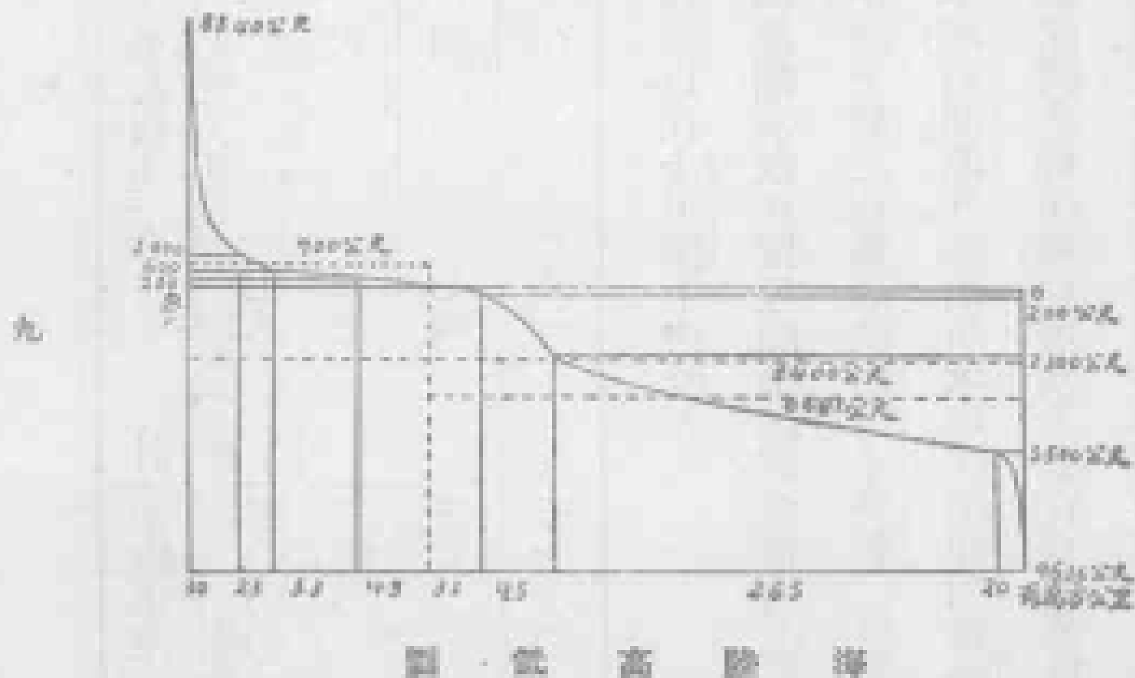
（一、二及三之斜面區域、大陸架屬海；三之低地、丘陵地及四、五屬陸。）

陸山之最高峯，其高度遠不及海面最深部之深度，例如西藏與印度間喜馬拉亞山之愛弗萊司脫峯（Everest），素稱為陸地最高峯者，其高度不過八千八百四十公尺，而海面之最深部，

如馬利亞納（Mariana）者，其深度卻達九千七百八十公尺許，兩者相較，相差殊甚。陸面之低地及邱陵地面積甚廣，是爲陸面之特色，海面之大洋低臺地域面積特廣，是爲海面之特色（第三圖）。

大陸架及斜面區域之面積，約達海面全積之十分之二，陷沒地域，則不達十分之一。然大洋低臺地域，則達十分之七許。大陸架富於起伏，凹凸殊甚，斜面區域稍稍單純，大洋低臺地域則呈較緩之傾斜，極似山麓，陷沒地域，傾斜稍急，但不相連續，多散在大洋之各地。茲將三大洋之深度，列表如次：

第三圖



海陸高低圖

洋名	自〇至二三〇〇公尺	自二三〇〇至五五〇〇公尺	五五〇〇公尺以上	合計	平均水深
太平洋	二六百萬方公里	一四二百萬方公里	一〇百萬方公里	一七八百萬方公里	四〇〇〇公尺
大西洋	三五	六六	六	一〇七	三四〇〇
印度洋	一三	五九	四	七六	三五〇〇
計	七四	二六七	二〇	三六一	三七〇〇

大陸架及斜面區域，以在大西洋中者爲最廣，其他則以在太平洋中者較大。

凡水深達七千五百公尺以上之處，常特稱曰深淵。深淵多散在接近陸地之處，面積約達五十六萬方公里許，就中五十二萬方公里係在太平洋中，其十分之八，係形成塔斯卡洛剌（Tuscarora）深淵。北太平洋中之深淵，最著名者除塔斯卡洛剌深淵外，其他如琉球深淵、菲列賓深淵、雅浦（Yap）深淵與馬利亞納深淵等亦著。馬利亞納深淵之最深部，約達九千七百八十公尺許，故有世界第一深處之稱。茲將隸屬於三大洋之海，就其主要者表示其平均水深如左：

海名	平均水深	海名	平均水深
東海	一八〇公尺	北海	九四公尺
南海	一五〇〇	北極海	一二〇〇
日本海	一五〇〇	地中海	一四五〇
鄂霍次克海	一三〇〇	紅海	四九〇
白令海	一三四〇	墨西哥灣及加勒比海	二一〇〇

由上表觀之，可知諸海之中，以北海為最淺，東海次之。現時此等海中漁業之盛旺，當由於水勢較淺所致。

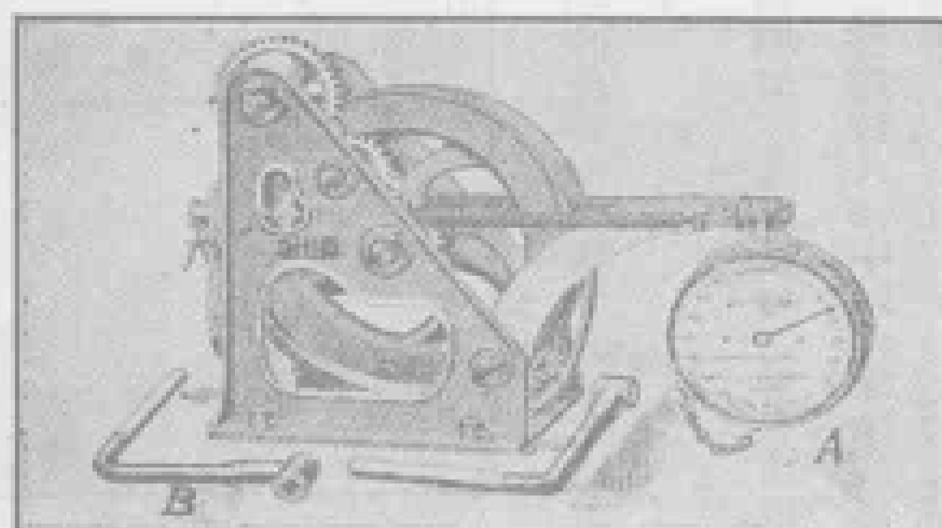
測深用之器械，使用最廣者，當首推魯卡師測深器（第四圖）。此器之輪上，卷有用鋼鐵製成之細線十四本絞成之索一條。索之一端，固定鉛錘一枚。當將錘放入海中，鐵索徐徐放出之際，因索經過測深表中，得將放出之索之長度，由表之指針指出。索長既明，則海水之深度，亦得易於

測定矣。待水深測定以後，乃持柄搖輪，卷索出水。

第二節　底質

構成海底之物質，名曰底質。淺海之底質，常由岩盤砂礫或泥土等所構成，雖甚富於變化，然深海之底質，則概由微細粉末狀之堆積物構成之。底質分有陸性底質與洋性底質二種：陸性底質，乃由積存於海岸上之物質，及由河流搬來之物質，依風波或海流之作用，搬運至於深洋，漸漸沈澱而成。大凡深達一千尋之底質悉屬之。陸性底質，更分有淺海底質與深海底質二種：淺海底質、乃為深達百尋之底質，係由含有砂礫之陸上物質，無多大之變化，漸漸沈澱而成，其面積約不過全海底百分之五；深海底質，乃為深達百尋至千尋間之底

第四圖



魯卡的測深器　(A)測深與　(B)搖柄

質，帶泥土性，乃由陸上物質完全分解而成，常作粉狀，普通因其性質之不同，分有赤色泥、青色泥、綠色泥、火山泥及珊瑚泥等數種，其面積亦不過全海底百分之十三而已。

第五圖



太平洋底質圖

第六圖

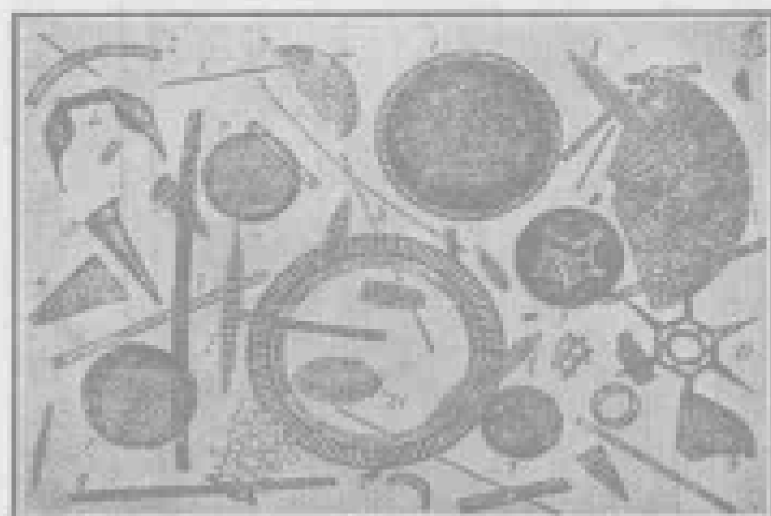


翼足蟲沈澱

浮性底質，係由漂浮於大洋中之浮游生物之死殼及其他物質漸漸沈

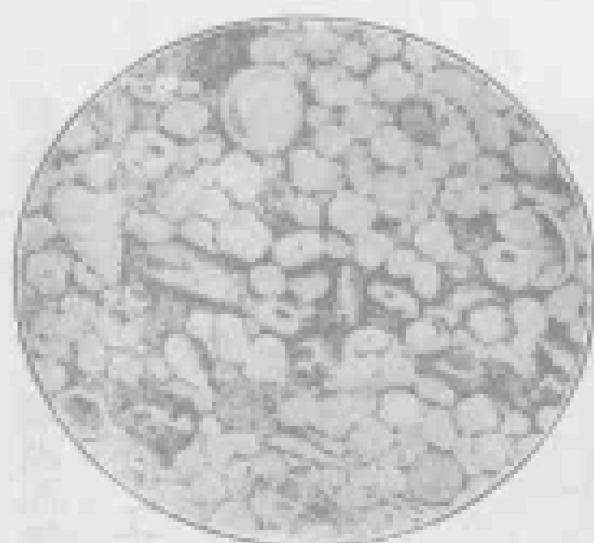
澱而成，常被覆於深達一千尋以上之海底，依其性質之不同，亦分有放射蟲軟泥、有孔蟲軟泥、翼足蟲軟泥、硅藻軟泥及赤色黏土等數種。就中如赤色黏土，係由塵埃狀物質沈積而漸漸變成者。此種底質之面積，約占全海底之百分之八十二（第六、七、八、九圖。）

第七圖



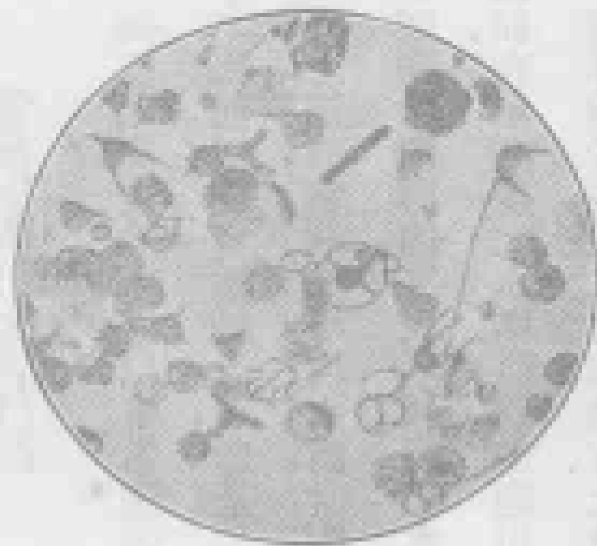
硅藻沈澱

第八圖



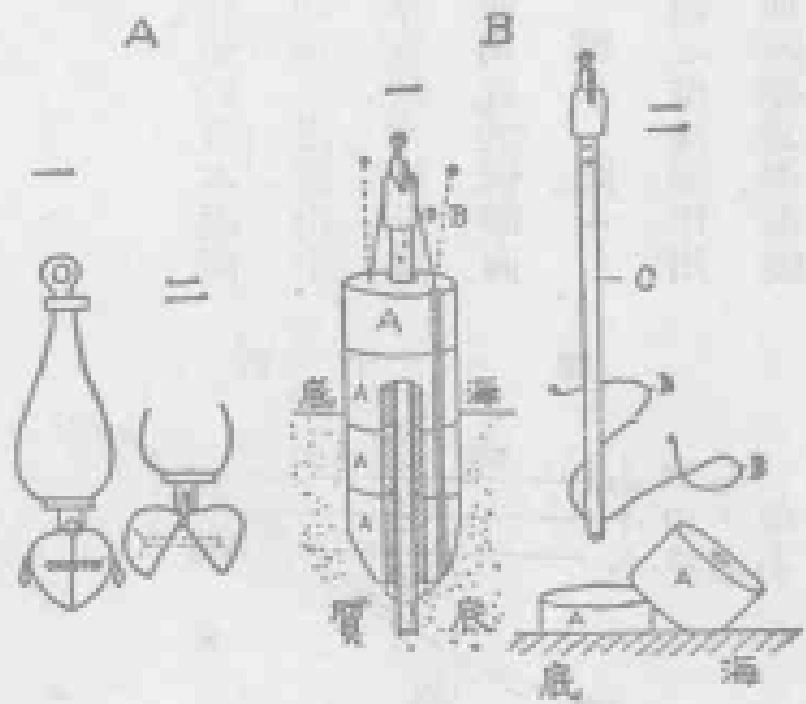
有孔蟲沈澱

第九圖



放射蟲沈澱

第十圖



底質採取器

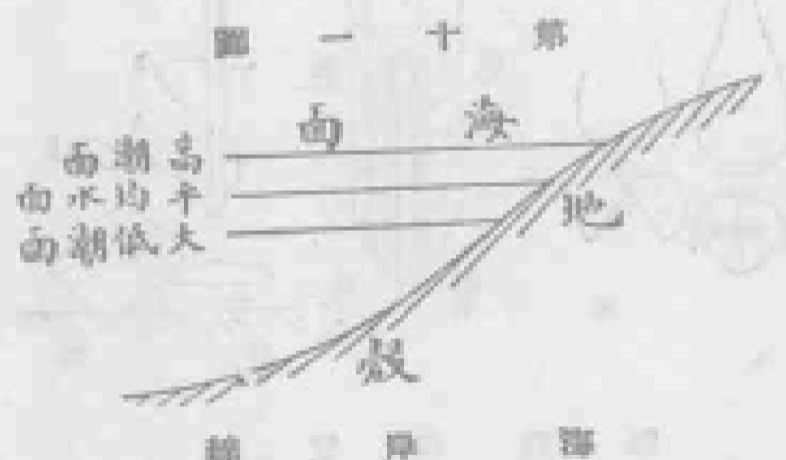
積在深海底面之底質，如欲採取之，則非應用一種底質採取器不可。此器常固定於魯卡師測深器之索端，測深時將底質一同採出。底質採取器分有二種：一適用於淺海；一適用於深海。如第十圖A所示者，卽爲適用於淺海之採取器也。圖中（二）爲放入海中之狀，（一）爲採得底

置後之狀。圖B爲適用於深海之採取器，圖中（一）爲達到海底時之狀態，a爲鐵環，b爲鐵絲，用以支持鐵環，（二）爲採取管提出水面之狀，鐵環因鐵絲放散，遺留海底，因使提管出水之際得因而減少壓力也。

第四節　海岸線

海面之高度，除干滿以外，常隨四季而有變化，如於日本近海冬季之海面，恆較夏季稍低者，卽是。凡綜合一年間海面之高由平均所得之海面，常稱曰平均水面。當海面達平均水面時，水陸分界之線，則稱曰海岸線。又表示深度之水準面，大抵使用近於低潮面之海面，表示高度之水準面，則多應用平均水面（第十一圖）。

第十一圖



海岸線

海岸線受地殼之收縮、地震、土砂搬運與波浪之侵蝕等作用，亦常常發生變化。凡由地殼之收縮所生之變化，卽陸變爲海、海變

爲陸而徐徐移換者是也。此種變化，以意大利西海岸最爲顯著，海岸線常因之而加減不止。由地震所生之變化，顯著者亦甚多，例如先年日本東京大地震時，卽由於某處陸地下降數尺，或海底上昇數尺所致，同時海岸線亦發生加減。由土砂搬運所生之變化，其例愈多，如大河流出口處之三角洲與砂洲，當其形成之際，卽能增加海岸線之長度。至由波浪之侵蝕所生之變化，則與氣候風之風浪大有關係，當風浪發生之際，卽能侵蝕海岸，漸漸浸入，海岸線徐徐加長。

海岸線屈曲之多少及長度，對於該地通商貿易及水產物之產額上，含有甚大之關係。卽海岸線屈曲較多，則船舶之碇泊地，亦隨之較多，通商貿易，乃得因而勃興。至長度較大時，則水產物之產額，必能比較增加。茲將六大洲(除南極洲外)海岸線之長度，對於陸地面積之比例，舉示如下：

洲名	陸地面積	海岸線長度	陸地一方公里中海岸線之長	海岸線一公里中陸地之面積
	百萬方公里	千公里	公里	方公里
亞細亞洲	四三	五六	〇·〇〇一三	七七〇
亞非利加洲	三〇	二六	〇·〇〇一一	一一六〇

北亞美利加洲	二一	三九	○·○○一九	五四○
南亞美利加洲	二○	二四	○·○○一二	八三○
大洋洲	一二	一六	○·○○一三	七五○
歐羅巴洲	一○	三一	○·○○三一	三二○
計	一三六	一九二	○·○○一五	七○○

由上表觀之，可知海岸線以歐洲為最長，北亞美利加洲次之，亞非利加洲最短。觀夫歐洲通商貿易之發達，亞非利加之不振，則海岸線之關係，當可直接證明之。

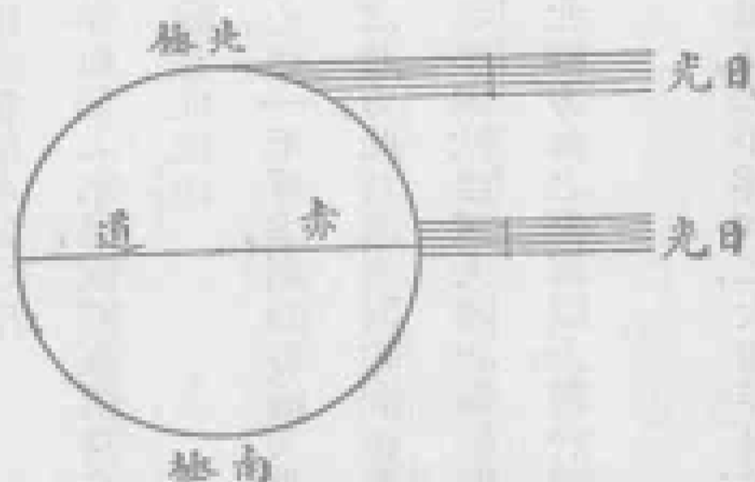
第五節　表面水溫

海水之水溫，於一日間所起之變化，名曰日變化；每日以午後三時為最高，日出時為最低，較諸氣溫之最高與最低之時刻，約遲一小時許。一日間現平均水溫之時刻，為午前九時及午後十

時之際。在温帶地方，日變化約○・五度，在十公尺以下之深層，則無變化。

太陽之直射，以赤道方面最强，兩極方面最弱，故海水之水温，以赤道方面最高，兩極方面最低。在赤道方面之水温，在各大洋中，達三十度者甚稀，然在內海中，則往往達三十度以上，如紅海之水温，常達三十五度者，即其一例。兩極方面之水温，則達零下二度者有之，蓋因海水之中，溶有鹽分，其冰點往往降下，故有零下二度之水温也。茲將北太平洋緯度每十度之平均水温，列表如次：

第十二圖



日光直射與表面水温之關係

北緯	○度	一○度	二○度	三○度	四○度	五○度	六○度
平均水温	二六・八	二七・○	二五・二	二一・一	一三・八	七・六	四・五

赤道直下之水溫，常較北緯十度附近處稍低，此因最高水溫之區域，稍偏於赤道之北方所致。又於北緯三十度至五十度間，水溫之相差特大，此因寒流性海水與暖流性海水，在此附近處互相接觸故也。

凡將水溫同度之各點，以線連結之，此線名曰等溫線，便於比較各地水溫之用。

三大洋之表面水溫，凡自赤道附近至四十度附近之處，各洋西側之水溫，恆較東側爲高，自四十度附近至極海附近之處則反之，其中所有之附屬海，亦大體呈此傾向。

表示最高水溫之海面區域，在冬季中，大體雖以赤道爲中心，然一至夏季，則顯著偏入北方，故全年之中表示最高水溫之海面區域之中心，係稍偏於赤道之北方，此乃南方因非洲與南美二大陸之南端較狹，各大洋俱得自由與南極海相連絡，北方因北美與歐亞三大陸北端較廣，各大洋僅由小口與北極海相連絡所致。又於南極方面之海面，較北極方面之海面廣大，對於關係水溫之勢力較強一端，亦爲一主要之原因也。

三大洋之水溫，如互相比較之，知在熱帶地方者，以印度洋最高，太平洋次之，大西洋最低；在

第十三圖



三大洋表面水温分布圖

南半球溫帶中，則以太平洋最高，大西洋與印度洋略略同溫，在北半球溫帶中，則以大西洋最高，太平洋最低。如再將北半球與南半球溫帶地方之水溫比較之，可知太平洋之水溫，略略相同，大西洋在北半球之水溫，高約三度，接近極海處，則高達七度，此因受有灣流之影響使然也。

夏季水溫與冬季水溫之差名曰較差。熱帶地方及寒帶地方，較差甚小，溫帶地方，較差甚大，茲將北太平洋之平均較差，舉示如次：

北緯	○度	一○度	二○度	三○度	四○度	五○度
平均較差	二·三	二·二	三·六	六·七	一○·二	八·四

由上表觀之，可知太平洋於北緯四○度附近處，較差較大，此因該處附近，夏季受暖流之影響，冬季受寒流之影響所致。至在沿岸各處，因受陸地之影響，故該處之較差，亦常較深洋爲大。世界上較差最大之處，在太平洋中則以日本近海爲最著，大西洋中則以紐芬蘭近海爲最著，蓋皆爲受有強烈寒流之地方也。至如隸屬海與內灣等，因常受甚大氣候上之影響，故普通較差亦大。

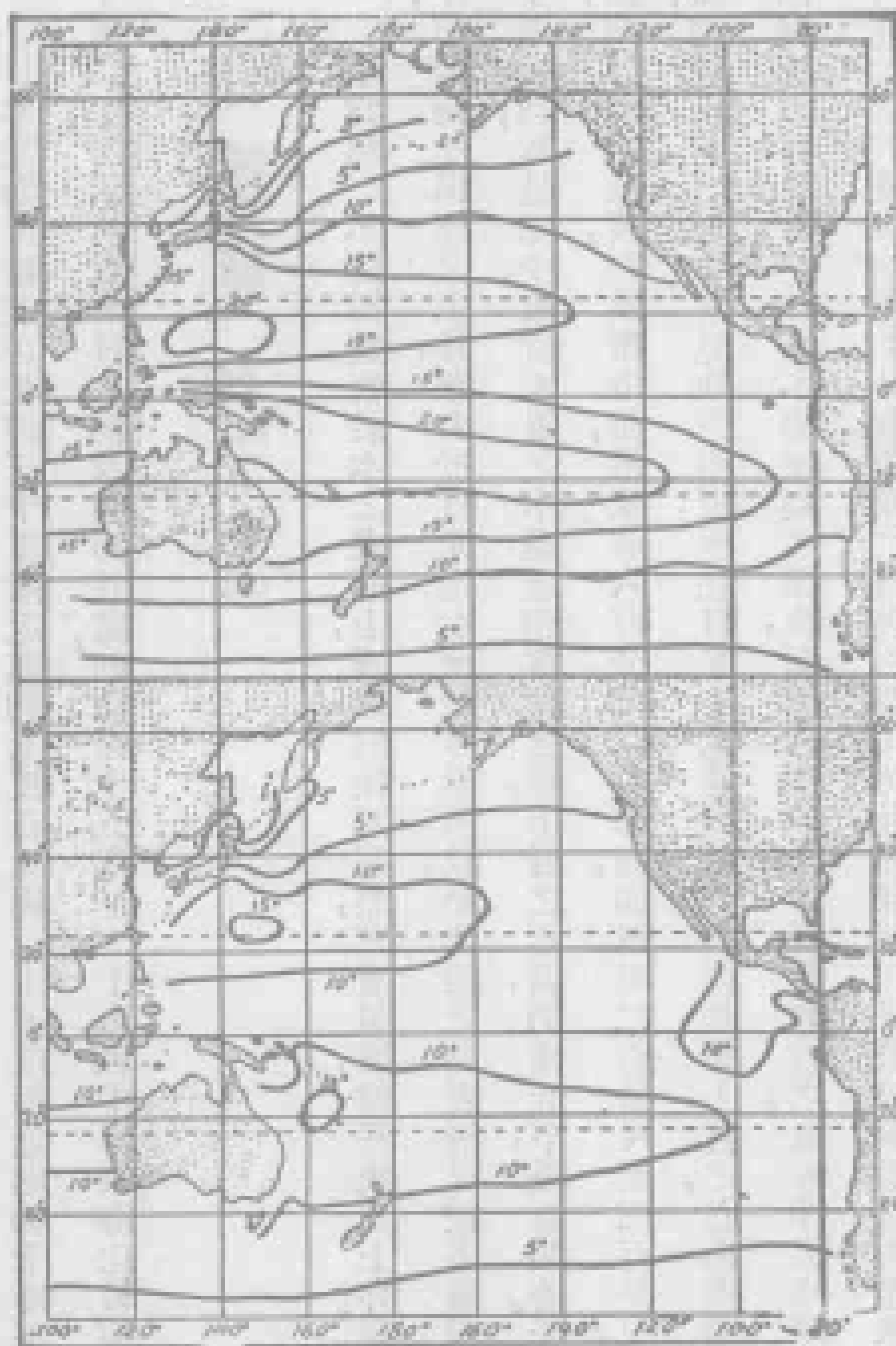
日本近海之較差，在北緯三十五度附近處約七度，在北緯三十度附近處約十度，在北緯四十度以上、鄂霍次克海、日本海及東海各處，則常達十五度至二十度，就中以東海比較稍大。

第六節　表面下水溫

水爲熱之不良導體，故於水之表面上，雖加以任何高熱，底層溫度，總難使之上昇。在海洋之中，下層海水溫度之上昇，雖由於日光透射至於該層所致，然太陽之熱，表層已被多量吸收，達到下層之熱，爲量極少，故當表層之水溫達相當高度時，下層之水溫，仍甚低下，極爲顯著。受太陽之熱，而昇溫之深度，在熱帶方面，常深達六百公尺，溫帶方面，卽減至二百公尺至三百公尺，寒帶方面，雖於表面之上亦常見缺乏溫度；至在日光不能達到之深處，自理想上言之，必極寒冷無疑，然因海流之移動，常見日光不能達到之深度，而能保持相當之溫度者有之，故大洋之水深，平均三千七百公尺處，其底層之水溫，常達二度，然在熱帶方面水深達三千公尺處，溫帶方面水深達二千公尺處，卽達二度，然遇有寒流性海水存在處，雖在上層而溫度僅達二度者，亦甚常見。

太平洋中深達二百公尺處之水溫，在熱帶方面約達十五度至二十五度，溫帶方面約達五

第十四圖



（上）太平洋深達二百公尺處之水溫

（下）太平洋深達四百公尺處之水溫

度至十度；深達四百公尺處之水溫，在熱帶方面及至南北緯度四十度附近處，常達十度，由此以北及以南，則達五度。日本千島列島附近，爲最著之冷溫處，此乃由於鄂霍次克海底層之寒冷海流，於千島列島附近處受地形之影響而上騰所致。

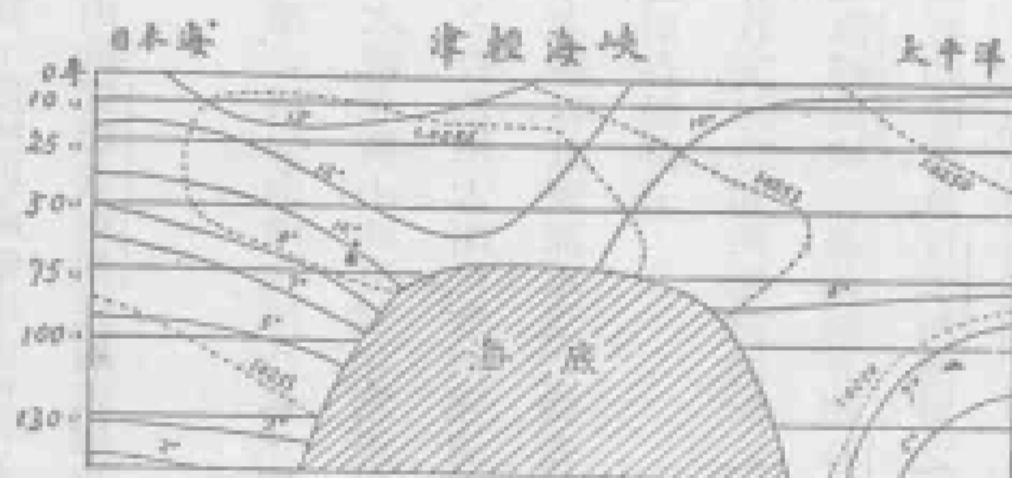
表面下水溫之較差，常較表面水溫之較差爲大，惟恆隨水深之增加而漸次減小，以至四季之中成略有一定之溫度。在熱帶方面及寒帶方面，表面下水溫之較差極小，該項變化，常限於上層，惟在溫帶方面，不僅由太陽透射量之變化，能使表面下水溫之較差增大而已，兼因寒流與暖流之消長，亦能使之增高；且該項變化，常及深層，據歐洲北海中之調查，其表面水溫之較差爲九度，深達一百公尺處爲三度，二百公尺處爲一度，至三百公尺處，則存根跡云。

水溫與海底突起之脊，頗有顯著之關係，因遇海底上有脊狀突起時，其突起處兩側之水溫，常生有差異故也。北大西洋之麥棻海脊，即其最著者。又日本之津輕海峽亦著，此峽介在日本海與太平洋之中間，水勢極淺，凡深達百尋以上之兩海水，殆不能互相流通，故日本海深層之水溫約爲二度，而太平洋之深層，卻達五度至七度許。日本海上層之暖海水，爲對馬海流之海水，常向

太平洋方面流出，故太平洋一側五度以下之海水，多呈親潮性。

水溫普通雖以在表面者爲較高，並常隨水深之增加而漸漸減低，然界在深層之中，常有溫度急激低降之一水層存在焉，此種水層名曰飛躍層。飛躍層雖多發生於寒流性海水與暖流性海水相重較烈之際，然當夏季之中，太陽直射於高緯度之海面上時，亦多發生；例如日本北海道東側，夏季自表面至深達二十公尺處，水溫約十八度至三十公尺處，卽降至五度，因其二十五公尺附近處，係有飛躍層存在故也；又如鄂霍次克海之水溫，凡自表面至深達十公尺處，約達六度，深達二十公尺處，卽降至一度，可知於深達十五公尺處，亦必有飛躍層存在

第十五圖

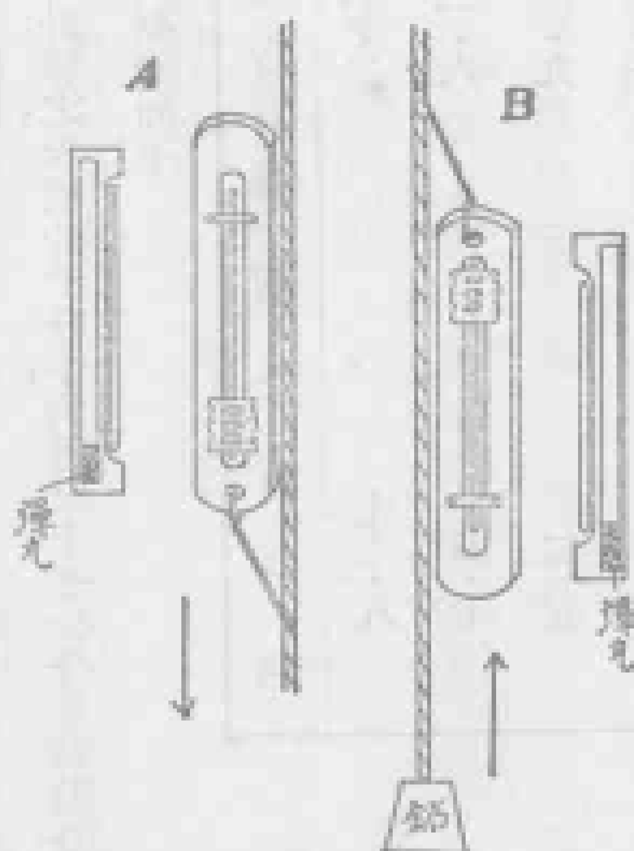


海峽兩側水溫之變化

無疑。

測定表面下水溫之方法，分有二種；一用倒轉寒暖計以測定溫度，卽將此計沈入欲測之深層，使之倒轉，引出水面檢視計上所示該層之水溫；二用施以充分防熱裝置之採水器，以測定溫度，卽用此器沈入欲測之深層中，採取海水，使溫度不致在中途發生變化，引出水面以檢定該層之水溫。（如欲在測定水溫之際同時測定鹽分，可另行附着不施防熱裝置之採水器，一同沈入水中採取該層海水以測定之。）上述二種之測定法，倒轉寒暖計，因售價昂貴易於破損，故通常以具防熱裝置之採水器，使用較廣。

第十六圖



倒轉寒暖計 (A)沈下中 (B)引出中

第七節　鹽分與比重

海水之中，富含鹽分。鹽分之含有量，如紅海於千分中，約達三十八公分，極海於千分中，約達三十公分；如就各處海水之含有量平均計算之，大抵於千分中，約達三十五公分許。茲將各種鹽類於千分中平均含有之量與百分例，列表如下：

鹽類	千公分中含有量	同上百分例
氯化鈉	二七・二	七七・八
硫酸鎂	一・六	四・七
硫酸鉀	○・九	二・五
溴化鎂	○・一	○・二
氯化鎂	三・八	一○・九
硫酸鈣	一・三	三・六

炭酸鈣	〇·一	〇·三
計	三五·〇	一〇〇·〇

海水中所含之鹽類，除上列數種外，其他以根跡而存在者，蓋亦含有一切鹽類及元素。又由上表觀之，可知海水中之鹽分，氯化鈉（卽食鹽）之量，約占全鹽分之八分，氯化鎂約占一分，其他之鹽類約占一分，其比例甚爲明顯。

鹽分之起源，遲不得充分明瞭，惟於海洋構成時所存在之鹽類及由河流等不絕注入之鹽類，就生存於海水中之生物，恆作部分的攝取，一瞥觀之，可知現今鹽分之比例，難免由是而發生。當海洋構成時存在特多之鹽類，及由河流等不絕注入之鹽類中，爲量較豐者，俱爲鈣之鹽類，生物之吸收特多者，亦爲鈣之鹽類，鈉之鹽類因生物多不攝取，故現今海水之中，鈣之鹽類，爲量甚小，而鈉之鹽類含量最多者，此其主因也。

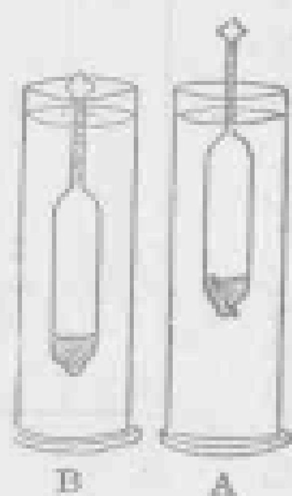
三大洋之鹽分，在熱帶之深洋中，普通於千分中約達三十五至三十六公分許，寒帶方面，千

分中約達三十三至三十四公分許。然海水中之鹽分，每依水蒸氣之蒸發而變濃，依河水之流入及積雪與結冰之融解而變淡；故於深洋中之鹽分，常較沿岸之鹽分濃厚；熱帶方面之鹽分，較寒帶方面濃厚。又於大洋中鹽分之含有量，自表面至於底層，雖或無甚差異，然在暖流及寒流相衝突之際，變化卻多；在沿岸之海水，因常由河川等注入淡水，故鹽分之變化亦大。

海水於千分中含有各種鹽類之總量，常依海面而無一定，又隨時季而有變化。惟此等鹽類相互間之比例，則常有一定，故如測定一種鹽類，則所含有鹽類之總量，常得易於算出。普通多用硝酸銀之溶液，先測定氯化鈉之分量，再由此算出鹽分總量；此種方法，稱曰氯素測定法。

海水中溶解鹽分之量有差異時，水之重量，亦常隨之而發生不同，故每由比重計以比較鹽分之溶量。然比重計因溫度而常有變動，故遇水溫有差異時，即鹽分相等，比重計之示度，常不同值。因之在規定上，必須換算至攝氏十五度，以比較所溶解之鹽分；例如於千分中含有三三·七公分鹽分之海水，其

第十七圖



比重高之(A)海水中與比重低之(B)海水中所浮之比重計

比重當水温五度時爲一・〇二六六，十五度時爲一・〇二五〇，二十五度時爲一・〇二二四，就中如一・〇二五，卽稱標準比重，如不換算至十五度，仍其深洋水温現有之比重，而稱其比重時，特稱之曰現場比重。如水温五度時之一・〇二六六，二十五度時之一・〇二二四，卽現場比重也。玆將比重計在各度中所示之比重列表於下：

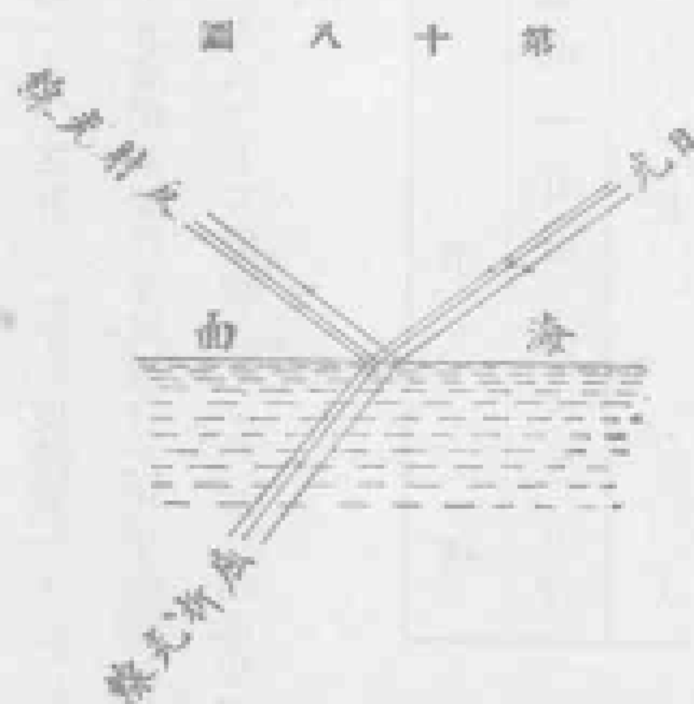
鹽分溶解量 千公分中	比重示度 温度五度	比重示度 温度一五度	比重示度 温度二五度
七・六公分	一・〇〇六〇	一・〇〇五〇	一・〇〇二八
一四・〇	一・〇一一二	一・〇一〇〇	一・〇〇七七
二〇・七	一・〇一六三	一・〇一五〇	一・〇一二六
二七・二	一・〇二一五	一・〇二〇〇	一・〇一七五
三三・七	一・〇二六六	一・〇二五〇	一・〇二二四

三大洋之表面現場比重，在熱帶方面顯分雖多，然因水溫較高，故常表示一·〇二三〇至一·〇二四〇，在寒帶方面顯分雖少，然因水溫較低，故常表示一·〇二六〇至一·〇二七〇。表面下之現場比重，在寒帶方面因隨深度之增加而水溫之低下不大，故與表面無甚大差，在熱帶方面因隨深度之增加而水溫之低下甚大，故常依深度之增加而現場比重亦漸漸增大。溫帶方面因寒流及暖流之相互衝突及四季而水溫之差異甚大，故其現場比重常隨之富於變化。

第八節　光線

太陽之光線照射海面，分有反射光線與屈折光線二種。反射光線常向空氣中反射而去，屈折光線，則射入海水中向海底而進行。海水吸收光線之力，在七色光線中，以吸收赤色光線至黃

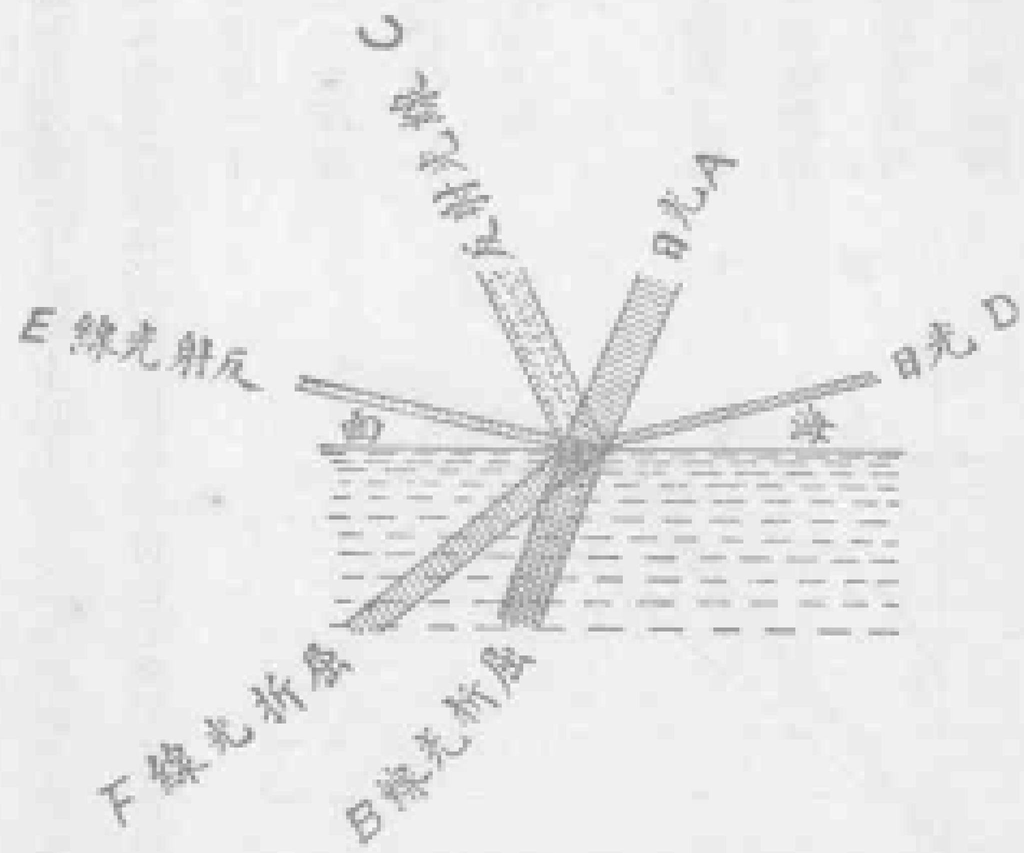
第十八圖



投射光線屈折光線與反射光線

色光線一部之力最爲強大，故屈折光線漸向海底進行時，必漸次呈偏靑色，此種偏靑色之光線，復被海水吸收，故至深海之下層，遂成黑暗。在太陽較高時，屈折光線較反射光線強，且能進入深層，反之，太陽較低時，則屈折光線卽較反射光線微弱，又以該線之擴張及進行之傾斜，故致無力達到深層，卽在最上層處，其力殆亦消失。在熱帶方面及日中時，屈折光線，常能達到相當之深層，故光明之水層較深，在寒帶地方及朝夕二時，屈折光線僅存在於上層，故

第十九圖

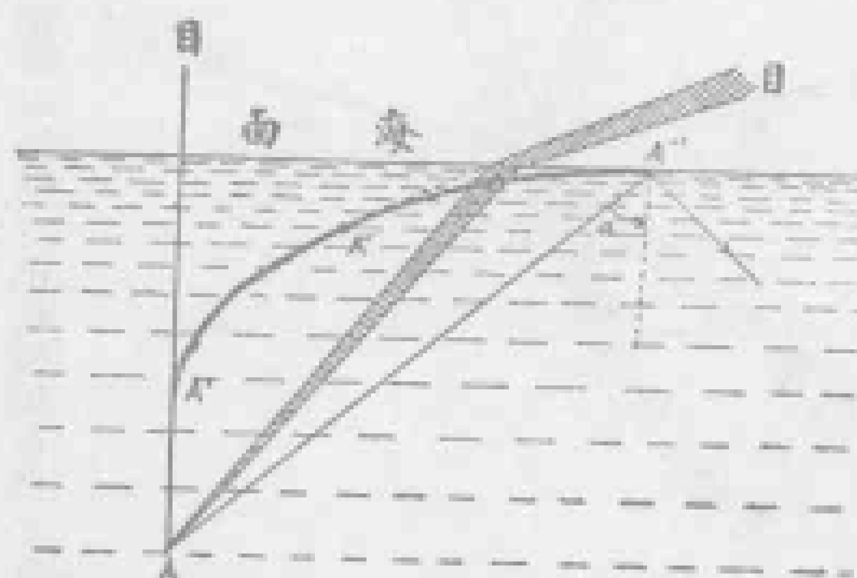


CBA 爲日高時之投射光線屈折光線反射光線
FED 爲日低時之投射光線屈折光線反射光線

光明之水層較淺。在溫帶方面，依實驗而知，凡深達三十公尺至四十公尺之海底，因赤色光線，殆近於無，僅偏青色之光線較多，故在該處之物體帶赤色者多呈黑色，帶青色者、多呈濃青色，至深達五百公尺處，則青色光線，稍稍減淡，至深達一千公尺處，則祇存極微弱之青色光線而已，一至深達一千七百公尺之處，則青色光線，完全絕跡，故在一千七百公尺以下之深層，四時黑暗。在寒帶方面在深達數十公尺以下處，卽已四時黑暗矣。

凡在海底之物體，吾人如自海面上觀察之，因水能屈折光線，故常見水中之物體，與在淺處無異；卽在海水中之物體，吾人如於其直上處觀察之，可見其如存在於三分之一之淺處，漸次斜視，則該物體之位置，亦若向淺處而漸漸移動，如第二十圖所

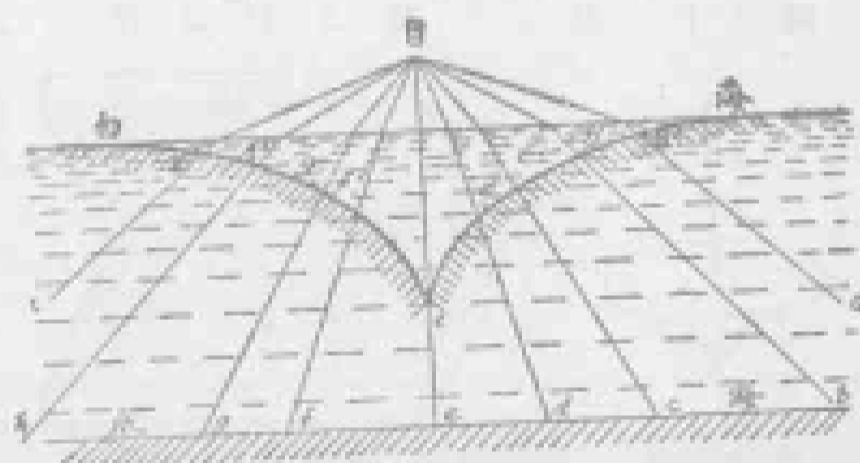
第二十圖



人目移動時海中物體變換位置之狀態

示，A為海水中之物體，吾人如在A之直上處觀察之，可見該物若在A'處（即約三分之一之淺處），如漸漸斜視，則該物若在A'之極淺處矣。又在海面上觀察海底時，亦然，如見一方急淺者，則實際上海底之地勢必平坦或稍淺，視同平坦者，實際上海底之地勢必極深，視同極深者，實際上海底之地勢必急深。其他如在海面上觀察樹木與山嶺之影像，常見其顯著低矮者，即因反射光線之量較屈折光線之量顯著增加所致。

第二十一圖



平坦之海底一見如折曲之狀

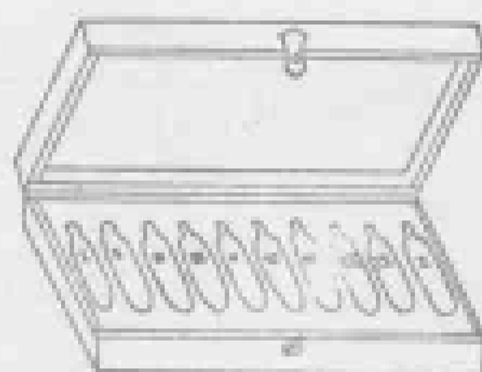
第九節　水色及透明度

海水之中，如漂浮多量微細物質，則水呈混濁之色，然因水中含有鹽分，故此等漂浮物質易於沈澱，水漸透明而生固有之水色。海水之色，即名水色。水色原為由海水吸收太陽七色光線之比例相差而起之現象，故於海水中所含鹽分之多少，雖有重

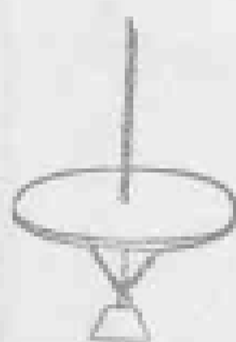
要之關係，然依所含浮游物質（塵埃等）與浮游生物等之種類及分量，亦有顯著之影響也。例如含鹽分之量較多時，概呈藍色，較少時，則呈淡青色，泥質之含量較多時，概呈黃色，浮游生物之含量較多時，則呈綠色，其他如夜光蟲或營浮游生活之藻類羣集時，則海水多呈桃紅色，普通即名之曰赤潮（由鞭藻類之一種所生之赤潮，因能分泌對於生物有毒之物質，業水產者頗提之，）如硅藻羣集時，則呈褐色，在晴明之日，因海水反射青天之色，故於水色之中，青色增加，陰晴之日因反射浮雲之色，故水色之中，灰色增加，俱可由目擊而證明之。

水色計係供表明水色之用，或名福萊爾氏（Forel）標準液。此液共十色，分為十號，一號為藍青色，十號為淡黃色，近於一號之水色稱為水色濃，近於十號之水色稱為水色淡。

海水透明之程度，稱曰透明度；例如海水中漂浮物質與浮



第二十二圖　水色計

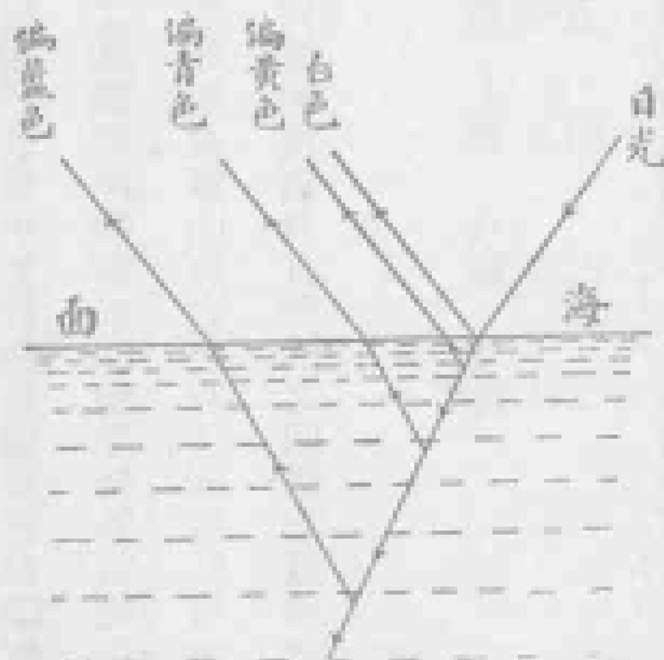


第二十三圖　透明板

游生物等之含有量較多者常較少者之海水不透明，即透明度較小是也。供測定透明度用之器具，稱曰透明板，此板爲直徑一尺之白色板，繫於繩端，下垂重錘，如將其放入海水之中，即能漸漸沈下，通常多將透明板隱沒之深度，用以稱透明度，即透明板隱沒不見處爲何尋（公尺）稱透明度何尋（公尺）是也。凡在熱帶方面之海水中，因漂浮物質與浮游生物極少，故透明度常達四十二公尺，沿岸地方，則透明度一般甚小。

水色及透明度，已於前文說明，茲更就二者之關係約述之；太陽之光線，投射於海面之際，其光線除由表面反射以外，屈折光線，亦常自表面下反射而出。由表面反射之反射光線，其性質雖與投射光線相同，然由表面下反射而出之反射光線，其性質卻有變化，即屈折光線在水之上層時，七色光線內之赤色光線，即行失去，並從深度

第二十四圖



依懸浮之多少及混濁之程度所覺水色之變化

之漸次增加，而光線漸呈偏藍色，故屈折光線，由上層反射時，其反射光線，係呈偏黃色，自深層反射時，則呈偏藍色，水色乃隨之迥異。且因海水中所含之細微漂浮物質或浮游生物等，常能反射屈折光線，故依其量之多少，亦大有影響於水色，若此等物質具備固有之色彩時，則於反射光線之中，往往添加此等色彩矣。由上述觀之，可推知水色與透明度實具有密接之關係，茲將水色與透明度之關係，就其普通者，舉之如次：

水色	二號	三號	四號	五號	六號	七號	八號	九號
透明度	一三尋	一二尋	一〇尋	七尋	五尋	四尋	三尋	二尋

由上表觀之，可知海水中鹽分之含量較少，水質混濁時，透明度小，水色必偏於黃色；反之，鹽分之含量較多而水質澄清時，透明度大，水色必偏於藍色。

第十節　海水之鹼性

炭酸氣之溶解於海水中者，為量極微，大部分皆形成炭酸 H_2CO_3 或重炭酸鈣 CaH_2

(CO_3)。而含於水中。炭酸爲炭酸氣與水之化合物，帶酸性，重炭酸鈣爲酸式鹽，帶鹽基性，

海水中炭酸氣之溶解量，每依水溫之高低、鹽分之濃淡、空氣中所含炭酸氣量之多少、氣壓之高低、而有顯著之差異，是即水溫高較低時、鹽分濃較淡時、空中所含炭酸氣之量多較少時、氣壓低較高時其溶解量較大。然溶解於海水中之炭酸氣，除與水化合而形成炭酸外，因具易與炭酸鈣化合而成重炭酸鈣之性質，故含炭酸鈣之鹽類較多時，炭酸氣之溶解量必較大。海水因含炭酸鈣及重炭酸鈣而呈鹽基性時，即稱爲海水之鹹性。如海水之鹽基性極接近於中性程度者，則非用最精密之方法，不能測定，普通則多採用電氣抵抗測定法與使用對於酸及鹽基極銳敏之色素溶液，比較其色彩以測定之。

海產動物因常攝取溶於海水中之養氣，而排出炭酸氣，故甚嫌忌炭酸氣溶解量之較大。反之、海產植物因常攝取炭酸氣而排出養氣，故甚愛好炭酸氣溶解量之豐富。海產動物之中，尤以魚類爲對於炭酸氣溶解量之大小，其感覺極銳敏者之一。

鐵在海水中之所以被侵蝕者，亦炭酸之作用也。鐵與炭酸化合，即化爲炭酸鐵而溶解於海

水之中，當炭酸鐵溶解於海水中時，能直接與水相作用而分出炭酸與氫氧化鐵，被分出之炭酸，再能與鐵化合而成炭酸鐵，氫氧化鐵（普通稱為鐵銹色帶褐）沈澱於水底，故含於海水中之炭酸，能不絕侵蝕浸在水中之鐵，惟海水中炭酸之侵蝕金屬，祇限於鐵，如鋅雖亦能與炭酸化合而成炭酸鋅，然以炭酸鋅不能溶解於水中，常固定於表面之上，故鋅入海水之中，能不被其侵蝕，如鍍鋅之鐵管，卽能避免侵蝕者，卽因此理也。銅入海水之中，雖能絕對不被其侵蝕，然遇銅板或銅線中混有極微量之其他金屬時，因海水之媒介，卽能由電氣分解作用，而作部分的侵蝕。

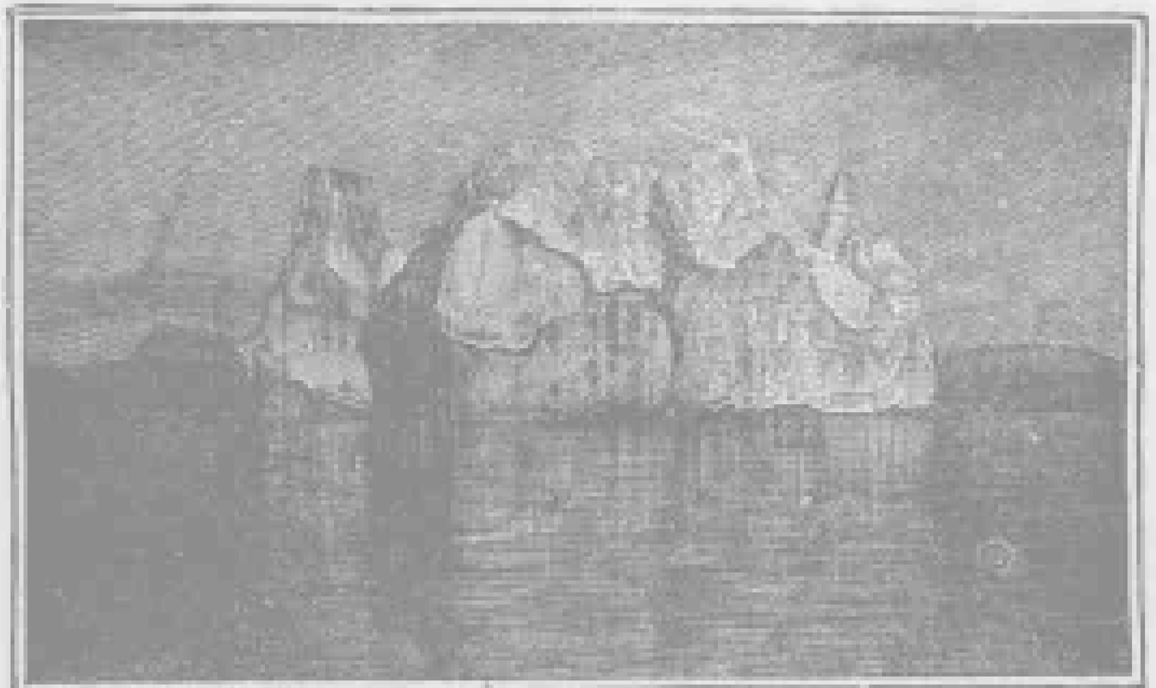
第十一節 流冰

淡水至攝氏零度時則結冰，海水因含有鹽分，非至零度以下，不能凝結（結冰常始於沿岸而漸及於深淵。）故自理論上言之，凡含鹽分達千分之三〇至三五公分之海水，至零下一度六分至一度九分時，必能結冰，然實際上非至零下二度亦不能凝結也。兩極方面氣候酷冷，海面之上，常覆厚冰，稱曰冰原。當冰原之一部分離，漂浮於海水中時，稱曰浮冰。浮冰之極大而高聳於水

面上者，稱曰冰山。浮冰隨海流而流動者，卽稱曰流冰。南極海之面積較大，寒冷之區域較廣，故該處之冰原亦較北極海廣大，常有巨大冰山漂浮於海面之上。冰之比重因較海水爲小，故流冰全體之七分至九分，必沈沒於海水之中。

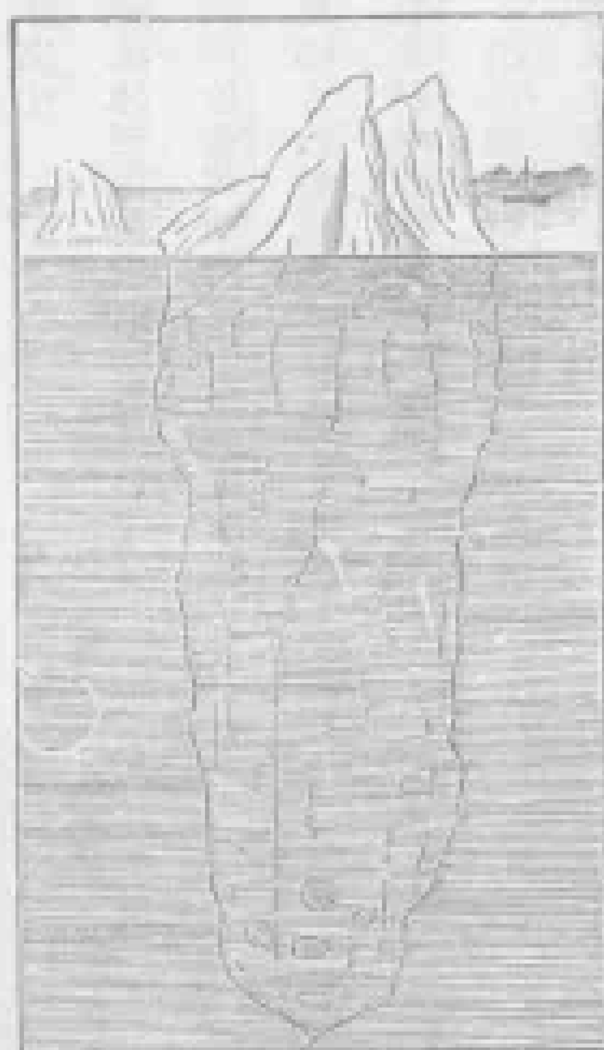
搬運流冰至温帶方面之海流，最主要者，爲紐芬蘭與拉布剌達海流。拉布剌達海流因常自北極方面搬運流冰，故流冰之體積極大者有之。新潮因僅搬運堪察加（Kamchatka）沿岸或鄂霍次克海之流冰，故流冰之體積，往往較小。

第二十五圖



冰山

第二十六圖



浮冰

第十二節　海水之壓力

蒸餾水一立方尺之重量，約四六・六二斤，千分中含鹽分三十五公分之海水，一立方尺之重量，則有四八・六八斤，故在海水深一尺處之物體，每一平方寸中，常以重約七兩之重量自上壓下，此卽名曰海水之壓力。

海水之壓力，常依深度之增加而次第增大；凡在深達一〇公尺處，每一平方寸具有與一・六斤之重量相等之壓力，與一氣壓之壓力（一氣壓之壓力每一平方寸約一・五斤）略相一致。一般液體壓縮甚難，故海水每當增深十公尺，則每增與一氣壓相似之壓力。

浮標與浮子等之具有浮力者，乃因海水不能侵入其內部所致；然經長久之年月而連續使用時，則海水不免漸漸侵入，至於無用。若將浮標與浮子等沈入深海之中，則因海水壓力之增加，常致壓縮空氣而海水侵入內部，故其使用期間，定必較短，即用玻璃製成之浮子，如將其沈入海中，因海水之壓力，海水亦能滲透玻壁，積留內部。又如取圓筒一枚，筒口向下，沈入海中，此時如每增十公尺，則海水每以二分一、三分一、四分一之比例，壓縮圓筒內之空氣，漸漸侵入內部，故用此種方法，得算出不過深之水深；凡在潮流急速處之水深，亦往往利用此法以測定之。惟此時於圓筒之內壁，必須塗附帶赤色之鉻酸銀而已，因鉻酸銀接觸海水，即能變爲帶白色之氯化銀，易於測知海水侵入之距離也。

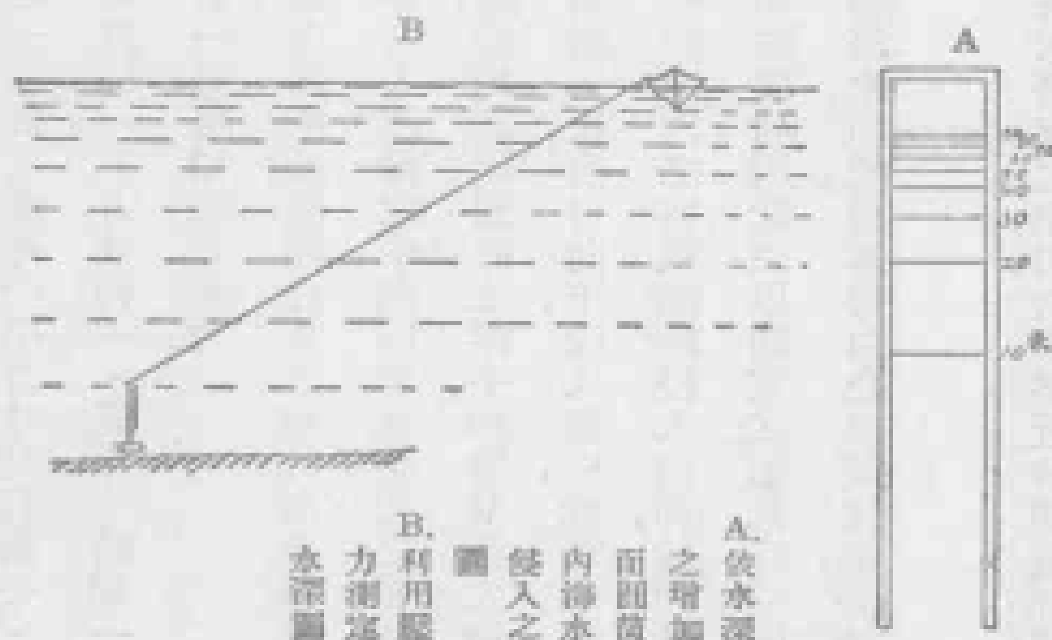
投中央堅實之金屬於海水中，落下之加速度，因受海水摩擦之作用，常作略近等速度而落

下，與雨滴以等速度自空中落下相似；故凡墜落至二百尋深處之時間，當爲降落至百尋深處之二倍，如在用易於屈曲之金屬所製成之空球中，放入比重較重之金屬，將其投入海水中時，每深十公尺，其體積恆作二分一、三分一、四分一之比例而縮小，惟此時因體積之縮小，而海水之摩擦亦漸次減少，故落下之速度，卽隨沈下之度而逐漸增加。

第十三節　沿岸水與大洋水

海水自性質上言之，可區分爲沿岸水與大洋水二種。沿岸水乃依風或河水之力，搬運漂浮或溶解海岸與陸上物質之海水，常存在於沿岸，且其底

第二十七圖



A. 依水深之增加而圓筒內海水侵入之圖
B. 利用壓力測定水深圖

質亦表示陸性沈澱之範圍，其水色較大洋水淺，透明度小，水溫及鹽分之變化大。大洋水爲不受陸地物質影響之海水，常存在於遼遠之深淵，且其底質多表示洋性沈澱之範圍，水色較沿岸水深，透明度大，水溫及鹽分之變化小。惟沿岸水中，含有多量一般生物之營養物質，流動旺盛，故各種水產生物，皆能盛行繁殖其中。

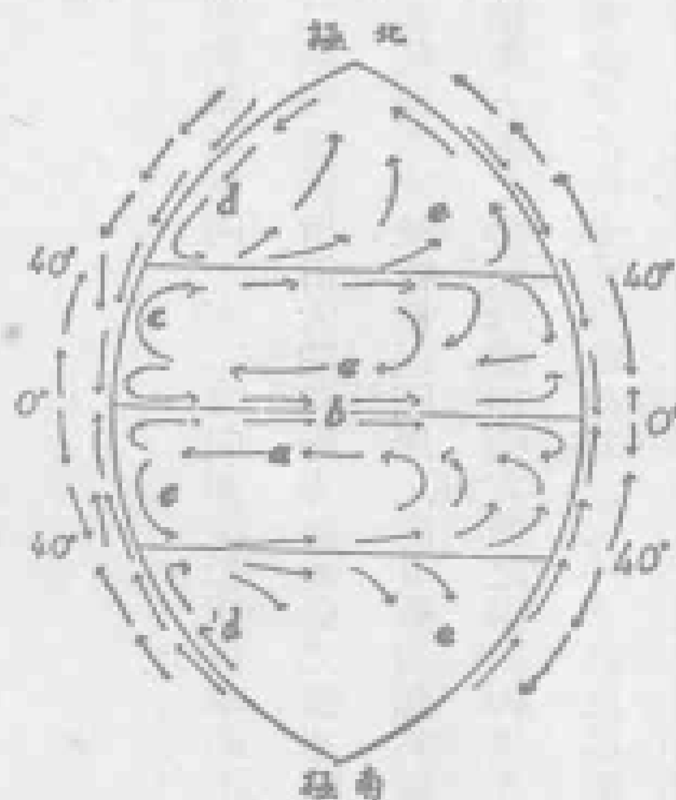
第十四節 海流

海流爲海水之流，有相當之深與幅，雖常向一定之方向而流動，然依季節不同，亦有少許之變化。海流可區分爲暖流與寒流二種：暖流係指沿大陸向極方面流動之海水而言，寒流係指沿大陸向赤道方面流動之海水而言。暖流與寒流，當接近陸岸之際，其勢力頗爲顯著。

地球於赤道上，最爲膨脹，故熱帶方面之海面極廣，兩極方面之海面極狹。赤道流乃赤道兩側之海流，爲暖流之源泉。赤道流西流與大陸相衝突，即分爲二支，一支爲反赤道流，在赤道上西流，再還原而爲赤道流，一支則向極方面流動，成爲暖流。寒流始生於寒帶，西流與大陸相衝突，爲

向赤道方面流動，成爲寒流。此寒暖二流，常於緯度四十度附近處相衝突，暖流卽轉東向，寒流則分爲二分，然大部分於表面以下，依然向赤道方面而流動，小部分則與暖流轉向而東流。東流之海流，亦分爲二，小部分向極方面流動，以養成寒流之泉源，大部分則向赤道方面流動而還原。還原之海流，因向赤道方面流動，故亦稱寒流。北半球上因陸地遠向北方延長，故海流之發達完全，南半球上因陸地稀少，故海流之發達不能充分。

第二十八圖



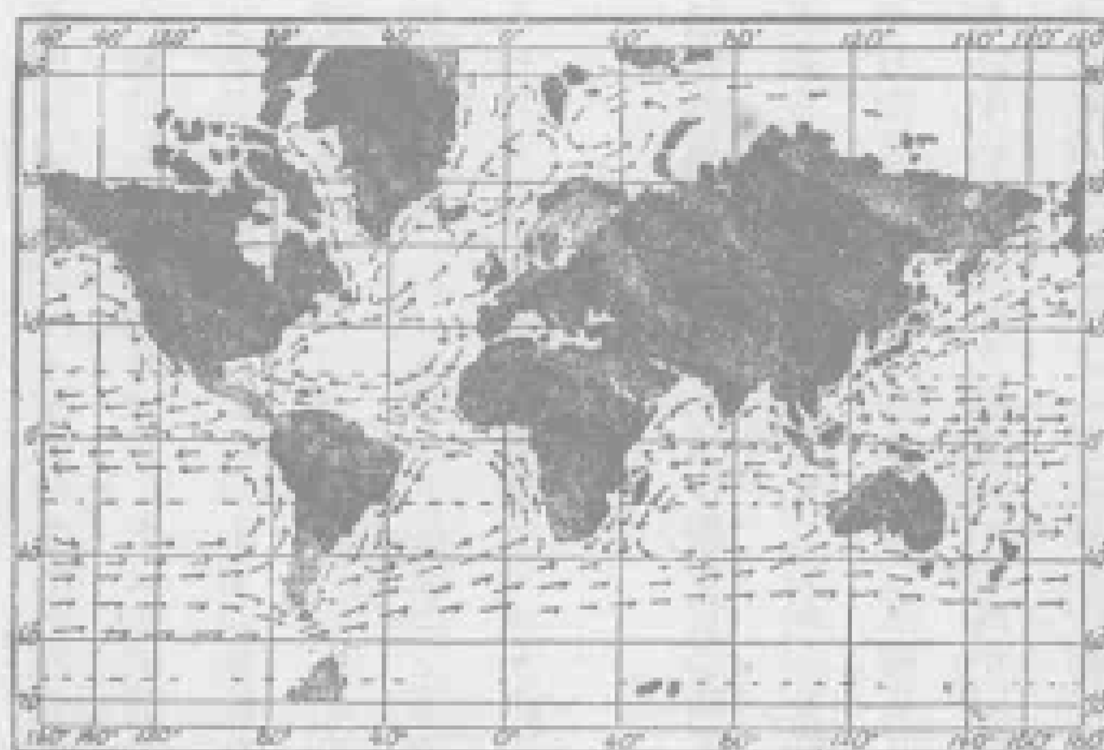
海流發達圖

(a) 赤道流
(b) 暖流
(c) 源流
(d) 赤道反流
(e) 泉流

玆就三大洋之海流言之，南半球上南緯四十度至五十度處，陸地告盡，故南半球之寒流及

漂流，不甚鮮明。太平洋中，赤道流、赤道反流及暖流等，雖甚鮮明，然漂流及寒流因北美大陸與亞洲大陸於北緯六十五度附近相接，與北極海之連絡斷絕，故其發達不充。大西洋中，赤道流及暖流，雖甚鮮明，然赤道反流因南美與非洲大陸於赤道附近處相接近，故其發達不充。大西洋因與北極海相連絡，故該洋中之寒流及漂流甚為鮮明，充分發達，能互相接觸至二三次之多。印度洋，因在北半球之洋面極狹，故屬於北半球之赤道流及漂流，發達不充。世

第二十九圖



三大洋之海流

界著名之海流，太平洋有黑潮及親潮，大西洋有灣流及拉布剌達寒流。此等著名海流，皆屬北半球，北半球之海流，春夏二季之中因受氣候風之協助，故其勢力頗強，秋冬二季反之，故弱。

海流之速度，最速於一小時間達五浬以上者甚少，其深達五百公尺以上者亦甚稀，其幅在許多情形下，達百浬以上者無之。海流之方向，乃指所流之方向而言，適與普通所言風之方向相反對。海流之中，凡速度極緩、幅極廣之海流，特稱曰漂流；幅狹、流淺、或限季節而流動之海流，名曰皮流；在下層流動之海水，常與上層流動之海水相異，此種海流，名曰潛流。潛流於表面現出時，特名之曰上騰流。

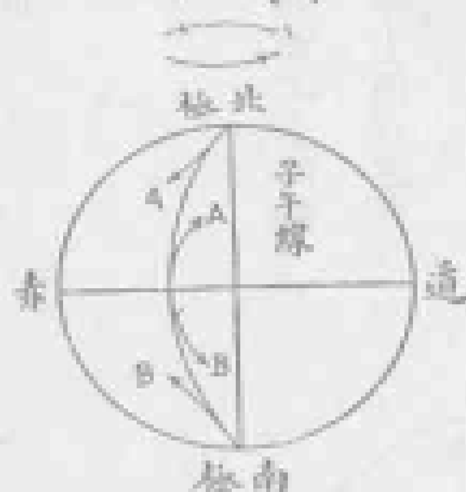
海流之成因，最主要者，為風向與風力；其他如地球自轉之力與對流作用，亦常協助之。凡基因於風向風力一時所生海水之流，多屬皮流；其綿亙永遠者乃成海流。即風之方向一定，給海面以一定之力與時間時，即生皮流，經無窮之長年月，漸達深處，遂至全體成運動之狀態。然其運動之速，常愈深而愈小，例如於深達四千公尺之海洋中，以一定方向之風，連吹二十萬年以後，則二千公尺深處之水，其運動之速度，約為表面之水運動速度之二分之一。風之種類中，對於海流之

成因上，有最深之關係者，厥爲貿易風與極風，因此風常取一定之方向而連續吹動故也。

地球自轉之角速度，以赤道上爲最速，漸近兩極，則漸次減弱，至於兩極，則等於零。故在地球上移動之物體，悉能受其影響，凡在此半球移動之物體，因受此種影響之結果，常致偏向右方，南半球上偏向左方，海流亦然，其他卽如射出之礮彈，亦不免有此傾向也。海流之中，如拉布剌達寒流及親潮之接近大陸東側面流動，黑潮及灣流沿大陸西側面流動者，卽基因於此理使然。

熱帶方面之低小現場比重，與寒帶方面之高大現場比重，常能彼此發生對流作用，故於熱帶方面之海水，其上層有向兩極方面移動之傾向，兩極方面之海水，其下層有向熱帶方面移動之傾向，對於海流之成因上，實不失爲一種重要原因也。

第三十圖



在子午線上移動之物體北半球偏右南半球偏左而運動圖

(A)偏向右者 (B)偏向左者

測定海流之速度與方向，通常多採用一種簡便方法。法將地點、時間與姓名等記在紙上，放

入一空瓶中，瓶內稍放細砂，嚴封瓶口，拋於海中，任其隨流漂去，再由遠地撈得此瓶之人，將撈得之地點、時間、月日，報告原人，即可測得海流之速度與方向。

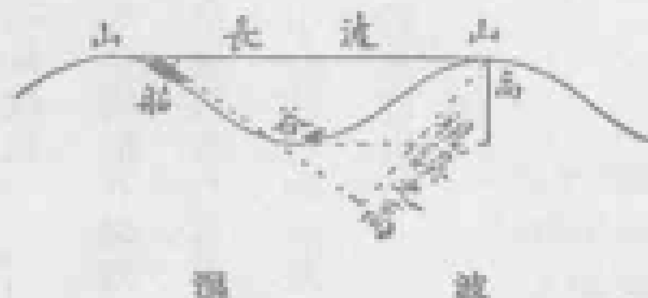
第十五節　波浪

波浪為由風而生之海面的運動，故當暴風襲來時，海面之上，同時必發生激浪。試觀波浪之浪動，雖極似海水之前進，然實際上僅水之分子上下振動而左右動搖，惟其運動能傳播相鄰之水分子而已。

波浪之最高部分，稱曰山；最低部分，稱曰谷；相鄰之山頂與山頂間之水平距離，稱曰波長；谷底與山頂之垂直距離，稱曰波高；同處生一山後至生次山之時間，稱曰周期；周期除波長所得之商數，稱曰速度。今定L為波長，T為速度，可得一公式如下：

$$V=\frac{L}{T}$$

第三十一圖



波浪

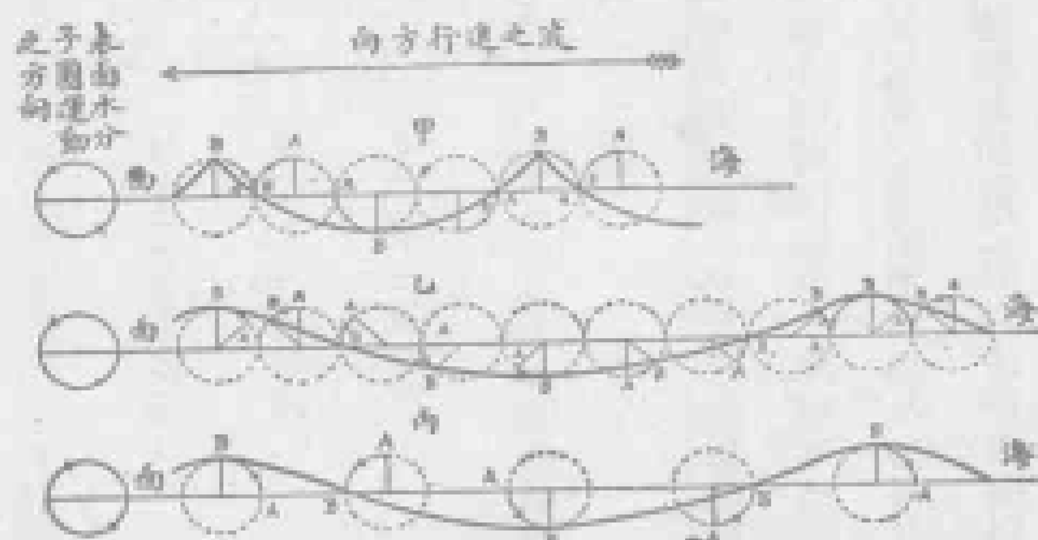
大洋中所生之波浪，平均波長爲三十公尺至四十公尺，波高爲二公尺至五公尺，周期爲四秒至五秒，速度每秒十公尺至十五公尺。茲將波浪之週期、波長、速度與水分子圓運動之角速度等相互間之關係，述之如次。現假定波高爲二公尺，週期甲及丙爲二秒，乙爲四秒，波長甲爲十二公尺，乙及丙爲二十四公尺，A及B爲每二分之一秒表面水分子運動於圓周上之距離（參看第三十二圖）其關係如下：

(甲) 速度 $= \frac{波長}{周期} = \frac{12}{2} =$ 6秒公尺

(乙) 速度 $= \frac{波長}{周期} = \frac{24}{4} =$ 6秒公尺

(丙) 速度 $= \frac{波長}{周期} = \frac{24}{2} =$ 12秒公尺

第三十二圖



波浪之周期波長速度之關係圖

卽甲及乙之速度相等丙則爲甲及乙之二倍。

（甲）　水分子圓運動之角速度 $= \frac{圓周}{週期} = \frac{2 \times 1 \times 3\cdot1416}{2} = 3\cdot1416$ 秒公尺

（乙）　水分子圓運動之角速度 $= \frac{圓周}{週期} = \frac{2 \times 1 \times 3\cdot1416}{4} = 1\cdot5708$ 秒公尺

（丙）　水分子圓運動之角速度 $= \frac{圓周}{週期} = \frac{2 \times 1 \times 3\cdot1416}{2} = 3\cdot1416$ 秒公尺

水分子圓運動之角速度，甲及丙雖相等，然乙則爲甲及丙之二分之一。水分子圓運動之角度，常與波浪之海岸破壞力有比例，故甲及丙之破壞力常爲乙之二倍。

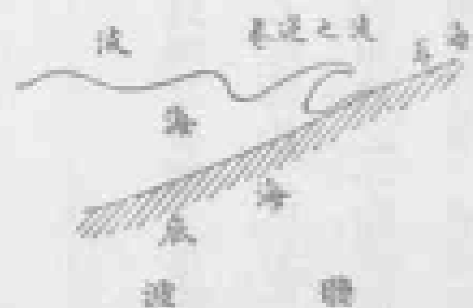
波浪運動，概爲海面水分子之圓運動，故當波高二公尺時，則爲半徑一公尺之圓運動。然在表面以下之水分子，常隨水深之增加而圓運動之半徑漸次減小，同時圓運動亦漸變爲橢圓運動，終至僅作水平運動而已。故在深達一三〇公尺至二六〇公尺處之運動，不過爲表面圓運動五百分之一許。至海上之風雨，必能使海水混濁者，此卽表面運動有相當之影響達於表面以下之表示也。

波浪接近於海岸時，因海底漸淺，摩擦增加，故波山之前面，常較後面急斜，終至海岸面傾倒，此種波浪名曰碎波，或稱海水之迸捲。又由深洋進行之波浪，無論進行方向如何，當接近海岸時，必次第與汀線並行，此亦由於與海底相摩擦而起之現象也。

當海面上波濤澎湃之際，如撒佈油類，即能將波高減低，白波不生（白波乃由波山因強風面衝突時其一部吹向空中所發生；）因油類之表面張力強大，能妨礙波浪之上下運動，且因風難吹破其表面，故有鎮靖波浪之效力。油類之中，以生物性油較礦物性油之效力為較大。

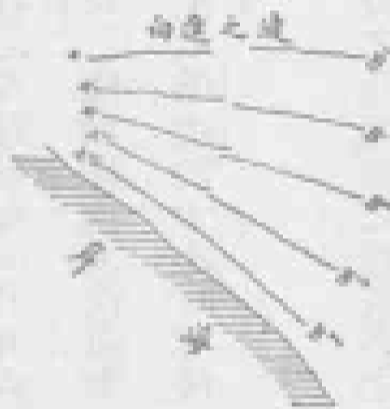
津波為由火山破裂地震及暴風而發生之波浪，波長及周期均極大，進行之速度亦甚速，如於一八八三年八月間由爪哇附近之開稹闊乞（Krakatoa）火山破裂所生之津波，波高達三十公尺，附近各島之街市、村落、森林等，被

第三十三圖



碎波

第三十四圖



波浪之進行方向當接近海岸時發生變化圖

其稱爲殆盡海亦變爲泥海，當時津波波及之區域，幾及世界大洋之全部。又如一八九六年六月間，由日本三陸深淵之海底地震所生之津波，波高達二十五公尺，三陸沿岸遭其洗蕩，奪二萬之生靈，漬數百之村落，呈悽慘之狀況，且聞此波浪在相隔四千海里之桑港，於十小時半後，亦遭波及云。

盤波爲生於暴風之中心，向四方盤紆傳達之波浪。因其波長之長，周期之短，波高之低，故其速度極速，常能波及遠處，且有先風而來之傾向。

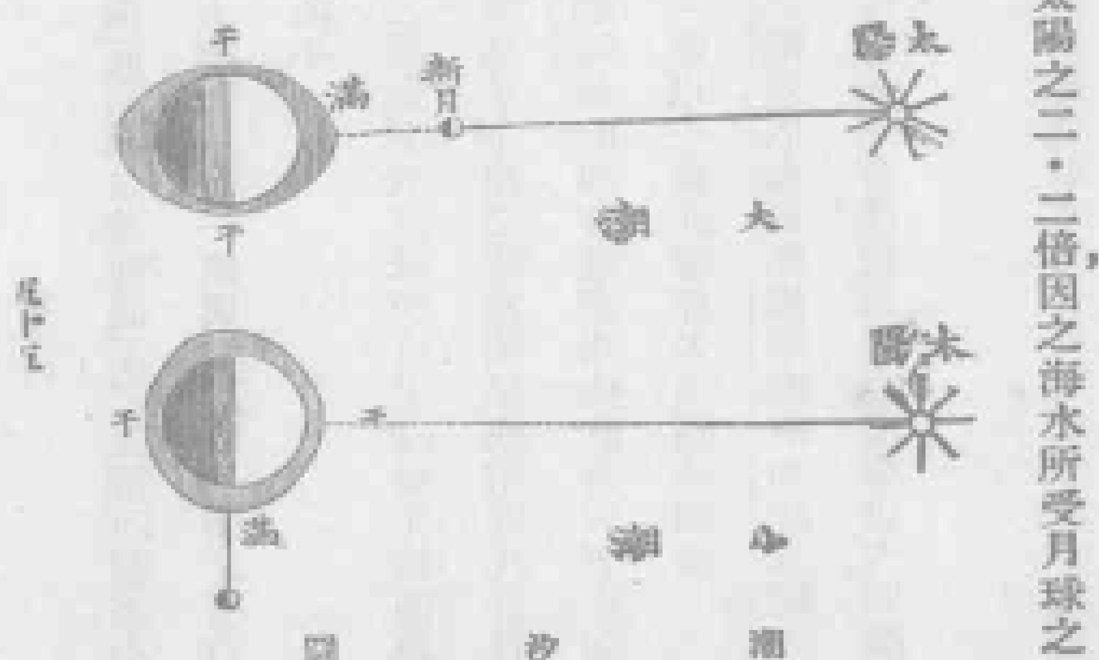
第十六節 潮汐

各星體之間，具有一種引力，互相吸引，故各星體，俱能保持平衡。其他如自轉及公轉之星體，則又具有遠心力，因之被覆於地球表面具可動性之海水，受此二力之作用，乃起潮汐之現象。即向太陽及月球一側之海水，受引力之作用而膨脹，反對一側之海水，因求保持重力之平衡，受遠心力之作用而膨脹。在兩膨脹部中間二處之海水則低落，隨之乃生潮汐。故潮汐實係一種波浪，

常於地球之上，發生二山與二谷。

月球之體積雖小，然因極接近地球，故其引力常爲太陽之二・二倍，因之海水所受月球之引力，實較地球爲強大。當新月及滿月時，太陽、月球與地球位在一直線上，因太陽與月球之引力，與遠心力相助作用，故於地球之上，發生大潮。當上弦與下弦時，太陽與月球，於地球成直角，因太陽與月球之引力及遠心力，相互妨礙，故常發生小潮。凡海水之膨脹部，稱曰滿潮，低落部稱曰干潮，自滿潮至干潮時，稱曰落潮，自干潮至滿潮時，稱曰漲潮。地球一晝夜而一自轉，故於地球上之各點，一日之間，必經二次滿潮與干潮。惟潮汐現象係依太陰時（一日之時間爲二十四小時五十分）所支配，故日日之

第三十五圖



潮汐圖

滿潮及干潮，每較太陽時遲五十分。凡於滿潮及干潮時海面高低之差，卽滿干之差，稱曰潮差；小潮之潮差，約爲大潮潮差之六分。北極及南極方面，其向太陽及月球一側與其反對一側之引力，相差甚小，且遠心力亦較小，故大潮小潮之差與潮差均極小。

地球之表面如全體以同深之海水包圍之，則某地之滿潮，必於月球至直上時發生；然因地球表面水陸參差，水深不等，故滿潮之時，常較月球通過該地子午線之時刻稍早或稍遲。凡自月球經過某標準子午線後至各地滿潮之時間，稱曰同時潮時。此時間普通多用太陰時以表之。如將同時潮時之時刻相等之點（卽同一時刻滿潮之點），連以一線，此線卽名曰同時潮線。

大洋中央之潮差甚小，常不過爲〇・六公尺，沿岸之潮差因海底漸淺，摩擦增加，故常較大。如江與灣等海面之幅漸向內方狹小者，則潮差必益大，反之、如隔有淺狹海峽之海灣以內，則潮差極小。

潮汐漲落時所流動之海水，稱曰潮流。潮流每六小時則逆轉其方向，在狹隘之水路中，潮流之速度特大，如日本鳴戶海峽之潮流，頗著名於世界，該處潮流之速度，一小時約達十海里。吾國

之錢塘江、印度之恆河、南美之亞馬遜河、法國之塞納河，均爲有喇叭形河口之江河，每值漲潮之際，潮流常向河之內部次第迫入，其前線之水常急激上昇，甚至氾濫於河流之兩岸。錢塘江潮流之前線，常成高達八公尺至十公尺之壁狀，進行之速度，每秒鐘約七公尺（一小時約十四海里）云。

第二章　海洋氣象學

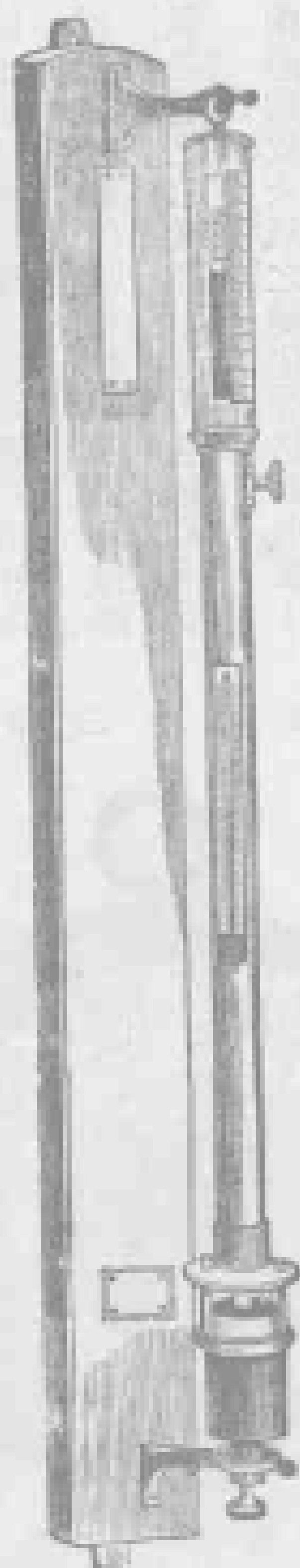
第一節　氣壓

於一端封閉長達一公尺之玻璃管內，滿貯水銀，使倒立於水銀槽中，此時可見管內之水銀面，必下降至距離水銀槽之水銀面上七百六十公釐之高處而止，即管內之水銀面，高於管外之水銀約爲七百六十公釐是也。管內水銀面上之空處，毫無空氣存在，係成眞空，故管內與管外水銀面高低之不同，即因管內之水銀面不受大氣之壓力，管外之水銀面受有大氣之壓力所致。由是更可知管內水銀之重與壓在管外水銀槽之表面之大氣壓力相等。（大氣之壓力，每一平方寸約爲二五・三兩）

大氣之壓力，即名氣壓。當氣壓有變化時，水銀柱之高，亦常隨之而發生變化；即氣壓高，則水銀上昇，氣壓低則水銀柱下降者是也。氣壓以海面爲最高，故普通多用以爲標準，由是漸昇至高處，則氣壓常從而漸次減低，故依氣壓之變化，得算出山嶽與飛行機上昇之高度。例如海面上之

氣壓爲七百六十公釐山頂之氣壓爲M，則山之高度(H)，可由 $H=11\cdot3\times(760-M)$ 之式算出之。氣壓之減低，普通每昇高一一·三至一一·六公尺，則減少一公釐許。

氣壓之變化，對於溫度及水蒸氣之含有量，頗具密接之關係。當溫度增加時，因大氣之密度減小，故常稀薄而氣壓低下，當水蒸氣之含有量多時，氣壓亦常常低下，此因水蒸氣之比重較小於空氣之比重故也。



第三十六圖　水銀晴雨計

晴雨計爲依據水銀柱之上昇或下降，用以測定該處氣壓之變化之器具也。普通因多與海面上氣壓相換算，故得易於比較各地之氣壓，水銀晴雨計因攜帶不便，故有以金屬薄片造成眞

空之圓筒，依其伸縮之多少，測定氣壓之增減者，此種晴雨計，稱曰空盒晴雨計。使用晴雨計之理由，即觀察水銀柱之昇降或指針之轉動，測定氣壓之高低，以推斷天氣之變化。凡氣壓高，天氣必佳，氣壓低，風雨必起，故天氣之變化，得易由水銀柱之昇降或空盒晴雨計中指針之轉動而預知之。

凡將同時中呈同一氣壓之各點，用線連絡之，此線即稱曰等壓線。依據此項等壓線，得明瞭各地之風向風力及高低氣壓之配置。

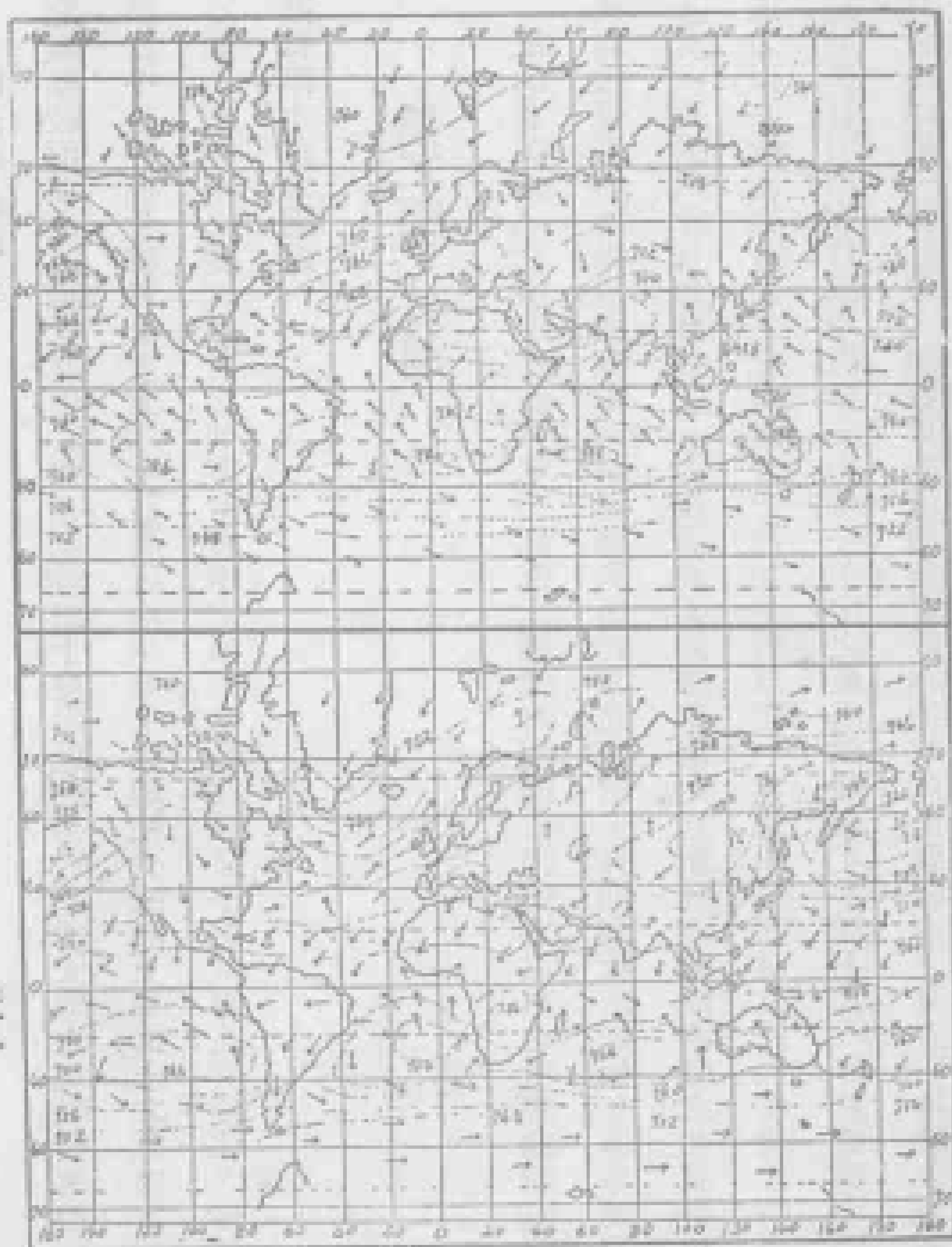
茲就氣壓之配置及變化言之，海上氣壓，四季之變化甚小，陸上氣壓，則其變化頗大，因之在嚴寒之際，陸上氣壓，恆較海上氣壓高，酷暑之際，陸上氣壓，即較海上氣壓低。北半球上，夏季中大

第三十七圖



空盒晴雨計

第三十八圖



氣壓配置與風向

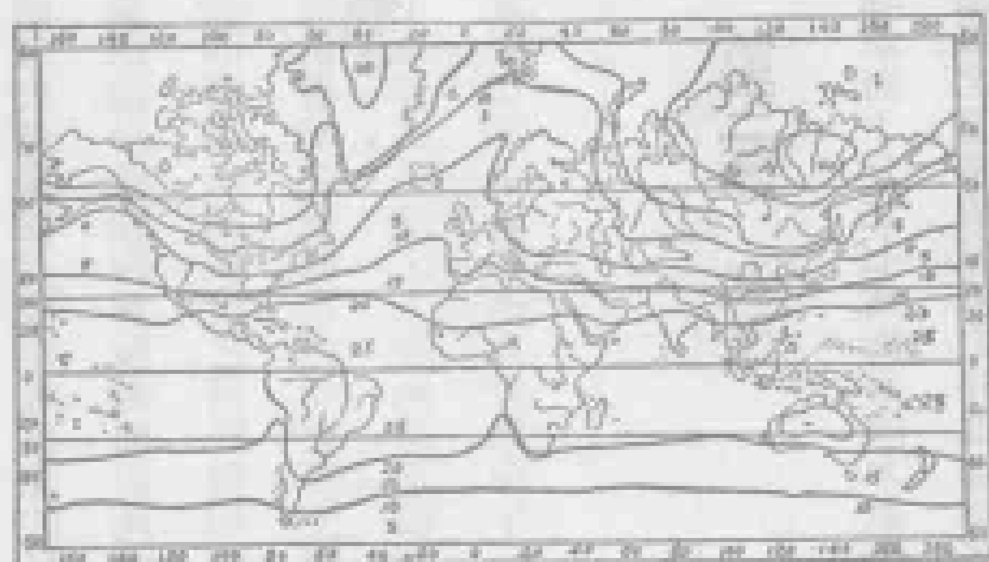
陸之氣壓低，其中心雖在北緯四十度附近，然至於冬季，大陸之氣壓，較海面之氣壓高，其中心即在北緯五十度至六十度附近。南半球上陸地狹少，故陸上與海上之氣壓，其變化常不顯著，惟四季之變化則有之，即寒冷夏季之氣壓常較溫暖冬季之氣壓高，其變化之位置，則在高緯四十度之附近。

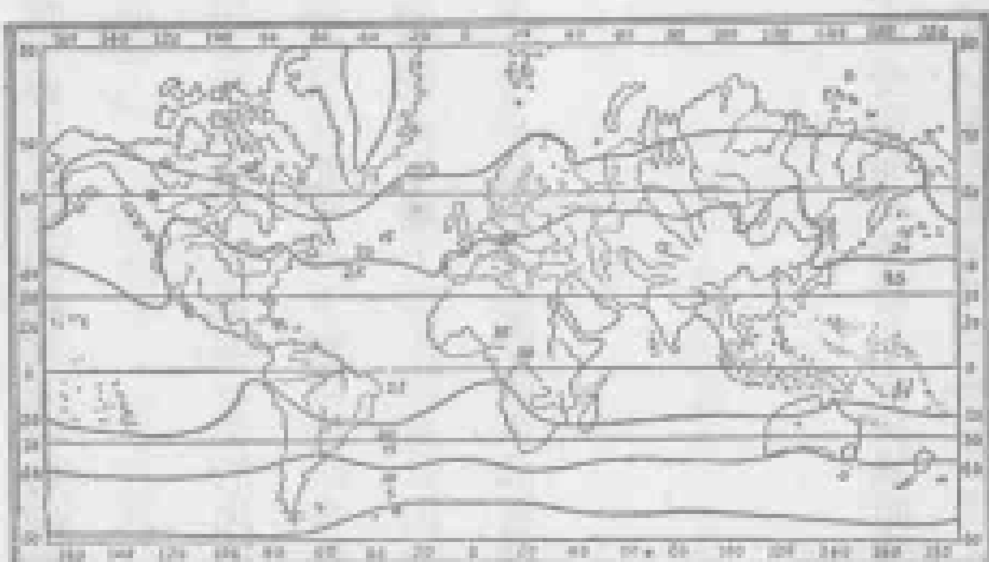
第二節　氣溫

氣溫者，即大氣之溫度也。然大氣不能依太陽之熱而能直接使之溫熱，必須待地球表面溫熱後，間接受其熱而漸溫；故氣溫常以地球表面為最高，漸次上昇，則漸次冷卻。如在溫帶地方，大凡上昇一百公尺，則每每減少〇・六度。又在太陽光線直射之處，較諸斜處所受之熱量多。故在赤道方面常較兩極方面之氣溫高，日中較朝夕稍溫暖。一日之中，最高溫度係在午後二時，最低溫度，則在日出前少時，較水溫早一小時；一年中之最高溫度，在北半球上為八月，最低溫度則在二月，較水溫早一月。陸地之吸收與放散溫熱，常較水速，故陸上氣溫之上昇及下降，較水溫為甚，

因之海面較陸地難於溫熱；然一旦溫熱後，則較陸地難於冷卻。又於大氣之中，如含有多量之水

第三十九圖





世界氣溫等溫線圖

(上)一月平均等溫線

(下)七月平均等溫線

蒸氣時，則吸收熱量較大，故空氣濕潤之日，常較乾燥之日暖，濕潤地方較乾燥地方暖，他如於降雨前之氣溫，海岸較陸內爲暖者，即因此理使然也。

凡於同時期呈同溫度之諸點，如用線連絡之，此線名曰等溫線，以便於比較各地之氣溫。凡受有暖流影響處之氣候，常較受有寒流影響處暖，又在北半球上，就緯度而言，夏季之大陸氣溫，常較海上氣候高，冬季之大陸氣溫，常較海上氣溫低，南半球上海比陸廣，且因缺乏特著之海流，故大陸氣溫與海上氣溫，無大差異，南半球上，兼因受南極海之影響顯大，故普通常較北半球之氣溫低。

第三節　濕度

地球表面十分之七爲海面，故大氣往往不絕受海面所蒸發之水蒸氣而帶濕潤。大氣中所含有水蒸氣之量，常依氣溫之高低而有多寡，大概於氣溫高時則較多，低時則較少。故普通所稱之濕度，即指大氣中所含水蒸氣之量而言。又在某溫度之下，濕度已表示極限時，則稱曰水蒸氣

飽和，當水蒸氣飽和而氣溫低下時，水蒸氣之一部分往往凝結而成爲水分子。

雲爲水蒸氣上昇遇冷凝結而成之細微水分子所合成，就其形狀觀之，有捲雲、層雲、積雲、雨雲（亂雲）之分。捲雲爲高達九千公尺之雲；雨雲爲極接近於地表之雲。合成雲之水分子，密集結合成爲點滴而降於地表者，稱爲雨。其冰結下降者，依其形狀如何，有霰、雪、雹等區別。又不論所降者爲雨爲雪，凡自空中降下之水量，視集聚於雨量計中所示水深之量，即稱爲降水量。降水量一公釐，每六方尺中所降之水，約達三升一合一勺許，餘可依此遞推。降水量之多少，與風之方向，甚有關係，通常自熱帶方面及海洋上吹來之風，常濕潤而降水量多，自極方面及大陸內部吹來之風，常乾燥而降水量少。例如日本地面，係介乎大陸與大洋之中間，山脈迴繞，夏季有濕潤之南風吹來，故此時於太平洋沿岸一帶，降水甚多，初夏中發生稱爲梅雨者之雨期；一至冬季，自亞洲大陸吹來之寒風，伴以日本海上之濕氣，故常發生深厚之積雪。降水量之多少與積雪之融溶，對於河川之增水，甚有關係，影響於海水比重之高低亦甚大。

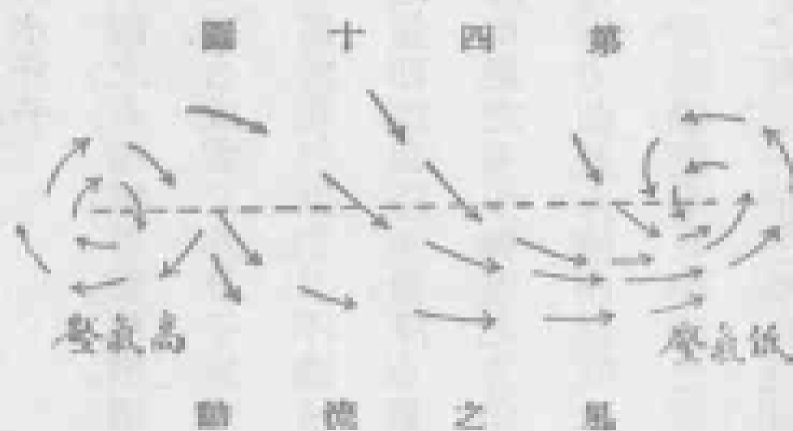
霧爲極接近於海面或陸面所浮游之水分子。海面之上，多在氣壓與水溫俱低之海面與氣

壓與水溫俱高之海面相接時所發生;然遇氣壓之差異過大時因多發生強風,故此際霧多不克發生矣。淡霧至於晝間即能消滅者,亦因有強風發生及陸上氣溫上昇而水蒸氣之收容力增加使然。霧之發生之高度,達二百公尺以上者甚稀,例如於濃霧發生之際,吾人如立身於甲板上遠望之,視界雖不能及於數武之遠,而桅杆頂上,卻照有日光者,即因霧不過高所致。

第四節　風

大氣之流動(即氣流),稱曰風。風常自高氣壓部向低氣壓部而吹動,與水自高處向低處流動相似。凡由高氣壓部向低氣壓部流動之風,因受地球自轉之影響,故其吹動方向,並不作直線狀,必多成爲螺旋狀,在北半球者向右旋,南半球者向左旋,即所謂伯邑歸排羅(Buys-Ballot)之法則是也。此乃由於地球自轉之角速度,自赤道

第四十圖

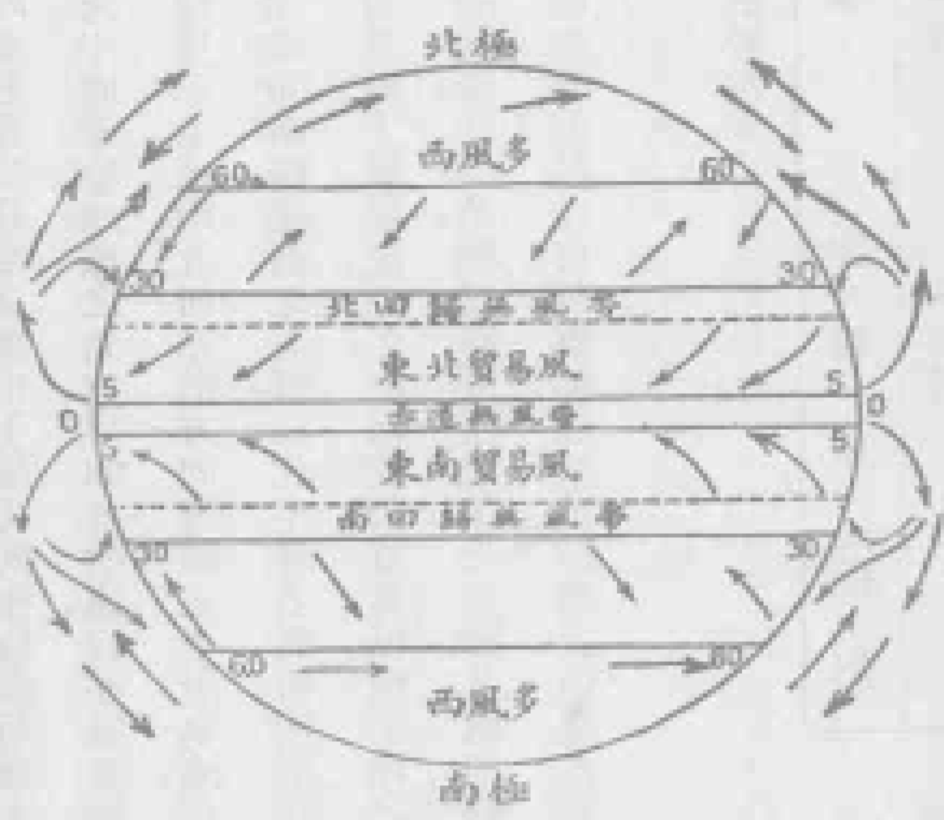


風之流動

至兩極，漸進則漸次遞減所致（地球自轉之角速度赤道上最速兩極則等於零）。

赤道方面因氣溫高，故氣壓低，兩極方面因氣溫低，故氣壓高。依此高低二種之氣壓因欲保其平均，乃發生氣流。赤道方面，溫而較輕之大氣由上層流至兩極，兩極方面寒冷較重之大氣，由下層流至赤道，帶有補其缺乏之傾向。然地球之形狀，係成球狀，於赤道部分，最爲膨脹，故上層氣流漸次向兩極進行時，從而不能全量吹達，加以上層之寒冷而密度之漸大，故至緯度三十度之附近，卽分爲二分，幾分雖依然向

第四十一圖



氣流

兩極進行，然大部分則降於地表。當其下降時，更分為二分，幾分雖由下層再向兩極進行，然大部分則混於兩極向赤道方面流動之下層氣流中而還原。地球之角速度，如前所述，自赤道至於兩極，漸進則漸減，故依伯邑師排羅之法則，自緯度三十度附近，向赤道方向流動之下層氣流，在北半球者為北東風，在南半球者為南東風，自赤道向兩極流動之上層，在北半球者為西南風，在南半球者曰西北風。此種下層氣流，多名之曰貿易風，上層氣流，則名之曰反對貿易風。兩半球之貿易風相合之處及緯度之附近，成為無風穩靜地帶，此地帶稱為赤道無風帶、北回歸及南回歸無風帶。貿易風帶及無風帶依季節之差異，常向南北面稍稍移動。貿易風又為激起赤道流（暖流）極重要之風。

風之勢力，有強有弱，普通分為七級，列示於左：

名稱	序次	摘要	風速（秒米）
無風	〇	煙直上	〇至一・五
軟風	一	感覺有風	一・五至三・五

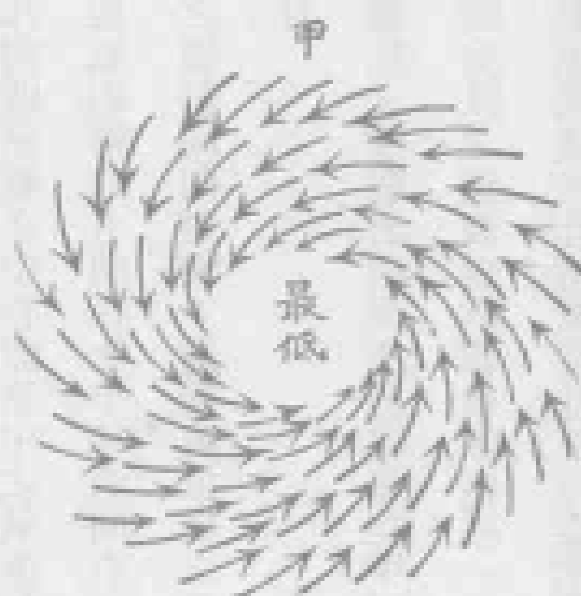
和風	二	樹葉動搖	三·五至六·〇
疾風	三	大枝動搖	六·〇至一〇·〇
強風	四	小枝吹折	一〇·〇至一五·〇
烈風	五	大樹之枝幹動搖	一五·〇至二九·〇
颶風	六	樹倒屋覆	二九·〇以上

凡向低氣壓之中心而集中之氣流，名曰旋風；自高氣壓之中心向周圍發散之氣流，名曰逆旋風。旋風迴轉之方向，在北半球者向右（與時計之指針反向迴轉），在南半球者向左（與時計中之指針同向迴轉）。逆旋風則反之。又旋風必與氣流之上騰相伴，逆旋風則必與氣流之下降相伴。

旋風之微弱者，稱爲小旋風，多在平穩之日，有間歇的強風吹動時所發生，木葉紙片，往往被吹上騰。旋風之猛烈者，稱爲颶風。颶風一旦發生時，必有一個中心，其中心並不停止於一處，必向他處而漸漸移動，此時氣壓低下，以促水蒸氣之蒸發，已蒸發之水蒸氣，即隨大氣之上騰流盛行

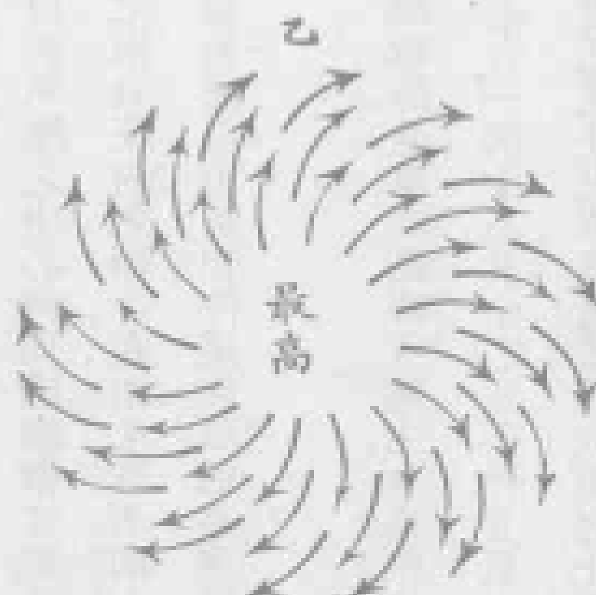
第四十二圖

甲



(甲)北半球之旋風

乙



(乙)北半球之逆旋風

上昇，上昇之水蒸氣，於高層上遇寒冷之空氣，卽凝結爲雨，放出潛熱（參看附註），使氣溫上昇；凡在旋風中心之前面，因常不絕造成低氣壓，故當某地方有此種之旋風通過時，定必降雨。

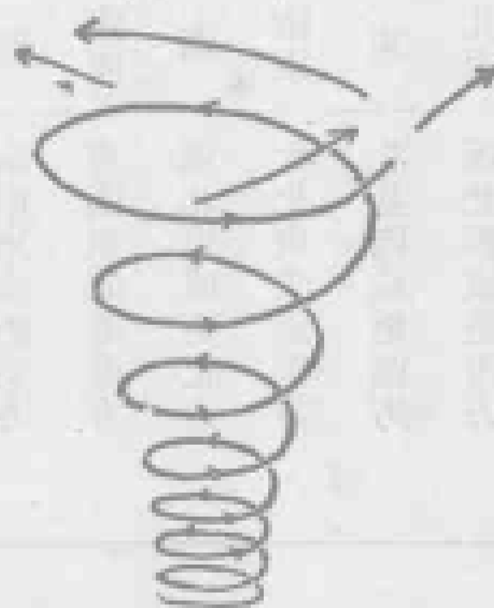
（附註）水蒸發爲水蒸氣時所須之熱，稱爲蒸發熱，水蒸氣凝結而爲水分子時所放之熱，稱爲潛熱。

海面之上，因水蒸氣之蒸發旺盛，故旋風之發達特加顯著，又已蒸發之水蒸氣，因常上昇成雲，故依雲之形狀、移動之方向與厚薄等之關係，得預測未來之天氣，例如有卷雲現出時，卽可預

測旋風之將至，因卷雲常先於旋風而現出於空中也。

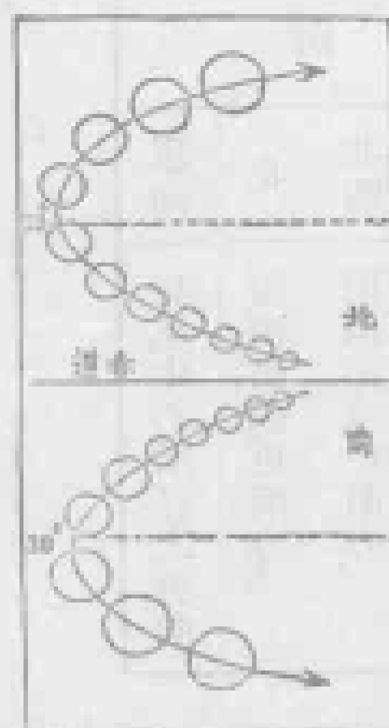
旋風中心之進路，在北半球者，最初向北西而進行，至北緯三十度之附近處，即轉向北東；在南半球者，最初向南西而進行，至南緯三十度之附近處，即轉向南東。又當最初發生時，中心雖小，風力雖弱，然進行至緯度三十度之附近，中心則稍稍變大，風力最強，更進行至緯度五十度之附近，中心已變成極大，因而向中心集中之風力轉弱，終至漸漸消滅。旋風進行之速度，以在緯度三十至四十度之附近爲最大。

第四十三圖



旋風上騰圖

第四十四圖



旋風進行圖

伴有颶風的旋風，航海者雖以危險視之，然因旋風之中心易於推定，且其進行之方向與風

向風力間，亦有一定之規則，故不難設法避免之。茲將依據風向，推定旋風中心所在之方向，舉示其標準如左：

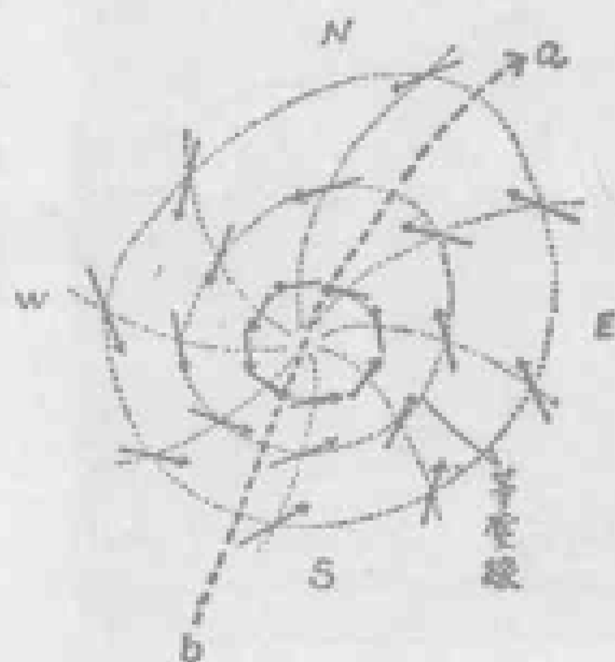
北半球	
風向	旋風中心所在之方向
北	東南東或更南方
北東	南南東或更南方
東	南南西或更西方
南東	西南西或更南方
南	西北西或更北方
南西	北北西或更北方
西	北北東或更東方
北西	東北東或更東方
南半球	
風向	旋風中心所在之方向
北	西南西或更南方
北西	南南西或更南方
西	南南東或更東方
南西	東南東或更東方
南	東北東或更北方
南東	北北東或更北方
東	北北西或更西方
北東	西北西或更西方

旋風中心附近之風向，當取作切線於等壓線之方向，風力最強，漸離中心，則與等壓線成較大之角度，風力亦漸次減小。中心移動之方向，因等壓線係成橢圓，故求其長軸，即可明其方向。

吾國及日本各處所受之颶風，分有二種：一稱大陸旋風，冬季常發生於亞洲大陸；一稱颱風，夏季發生於南洋諸島，此因該處濕潤、太陽直射、氣候風不至等所致。

颱風能進行於遠處，且因其發生之回數頻繁，故航海者甚畏之。此風因主由於西方襲來，故視西方天空之模樣，得預行推定之。當颱風一旦襲來時，其中心通過某處之中央、南方、北方，該處氣壓之變化、風向之變化等皆各有一定之關係，故易明瞭其中心移動之方向。颱風移動之速度，一小時平均約十浬至三十浬許，風力最強之中心部之直徑平均約八十浬許。

第四十五圖



旋風中心附近之風向與旋風之進路

海岸上在平穩之日中，常覺自海向陸，吹入一種軟風，此種軟風，稱爲海軟風；夜間常覺自陸向海，吹出一種軟風，此種軟風，稱曰陸軟風。兩種軟風，當交代時，則無風。此種軟風，乃因陸地上熱之吸收與放散俱速，日中較海上之氣壓低，夜間較海上之氣壓高所起。

限於一地方或一時季，常有一定之風，連續吹來，此種風，稱爲氣候風，乃由水陸分佈之狀態所起之現象也。如我國夏季常有南風或東南風，冬季常有北風

第四十六圖



龍捲風

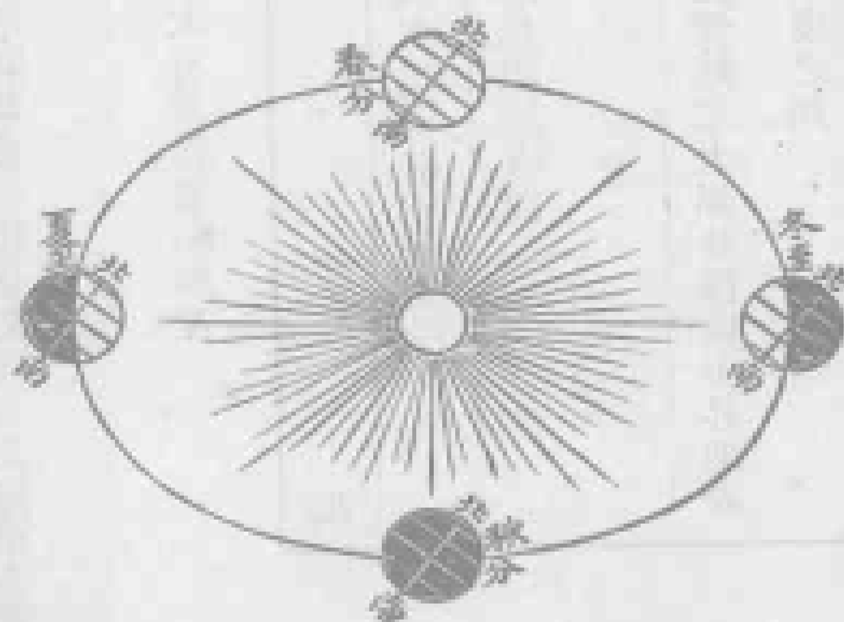
或西北風，印度夏季有西南風或東南風，冬季有南東風或北風，此等風，卽氣候風也。

當天氣晴明、氣溫高昇空氣濕潤之日，大氣上層之某小部分異常灼熱，氣壓急激低下時，此處必發生一種旋風；此種旋風，如接近陸面或海面時，則必自陸上或海面發生螺旋形之激烈上昇流，海面之上，往往將海水向空捲上，故此種旋風，常稱曰龍捲風，船舶遇之，往往傾覆沈沒，當發生於陸上時，拔木潰屋破片隨風上昇，爲害匪淺，

第五節　氣候

凡稱某時刻中大氣之狀態，曰天氣。終年不絕觀測天氣之變化，以求數年至數十年之平均者，則稱爲該地之氣候。氣候依緯度與地球之公轉，雖可

第四十七圖



四季之變化

因之明暸四季之變化，然依水陸分佈之不規則所發生各種現象（雨與風等）之變化，亦蒙有顯著之影響。

日光照射地球表面時，海面與陸面之受熱與放熱，大有差異，舉示如左：

	海水	陸地
一	較陸地二倍難於暖與冷。	較海水二倍易於暖與冷。
二	受熱雖以表面爲最大，然又能達到深層中。	受熱殆限於表面。
三	表面受熱之一部分，用爲水蒸氣之蒸發熱，一部分用以上昇水溫。	表面受熱之大部分，係供上昇地表溫度之用。
四	海水因常移動，故同一海水。在同一條件之下，冷熱之進行，時有變動。	地殼因不移動，冷熱之進行，故常連續。

海水之温度，其晝夜之差與四季之差，常較陸地為小，故接近於海面之空氣，較諸接近大陸之空氣，其晝夜温度之差與四季温度之變化亦常小；前者稱為海洋氣候，後者稱為大陸氣候。

在貿易風帶之海上，氣候最為單調，各月各年温度之變化，雖極微小，然如接近温帶，則一年之中顯有二回之變化焉；即夏季受貿易風之影響，則降雨多而氣候温和，冬季則乾燥而感受相當之寒冷。温帶地方日射之定期變化（四季變化）與低氣壓及高氣壓之不定期變化較甚，海洋氣候及大陸氣候之差異較大。南半球上因大部分皆為海面，故氣候稍稍單調，北半球上因陸面較廣，且因海陸之錯雜，故氣候之變化特甚。歐洲位在北緯五十度以北，氣候能比較温和者，則因受有甚大灣流之影響所致。

第三章　海洋生物學

第一節　生物之分布

地球上之生物，自出現以來，生存競爭，無時或息，此因欲求種屬之繁榮計，不得不講求一切之手段與方法焉。又於生存上，因欲占一優秀之位置，即互相反復進化而惹起優勝劣敗之結果；如周圍之狀況適應其生活之處，遂各各生存，現出適者生存，如此則劣者及不適者，均被自然所淘汰而致絕滅，優者及適者，各各安堵生存而分佈於地球之上。生物之分佈，雖多被各地之地理所支配，然氣候亦能顯著左右之。

生物之分佈，自赤道至於兩極，恆作水平的變化，同時於各地上又有垂直的差異。動物之密集，遠不及植物之密生，動物分佈之變化，亦常遠劣於植物。且植物能賴風、海流、鳥類及其他動物而輸送遠地，如遇該地之氣候適宜，則能立即繁茂。動物依氣候及食物之關係，常以固守於一定之區域者較多，就中如鳥類雖能渡往比較稍遠之處，魚類則僅迴游於海洋之一部而已。然動物

之中，偶然移至某一地域，適應該處而似爲土著者則有之。大洋之深層中與大陸之山嶺上，一見雖似毫無動植物生存其間者，然如細細調查之，適於生活之生物，不拘多少，必有發生。又植物於日光不到之處，雖不能發育，然動物中則生存於黑暗世界中者亦有之。

大多數之下等動物，皆棲息於水界中。高等動物，除鳥類以外，亦有數種蕃殖於水中。植物之中，則殆限於藻類，故生活於水界中之動物，其種類及數量，遠駕乎植物之上。

第二節　浮游生物

浮遊生物，乃生活於水中之微細生物之總稱，常隨風波、潮流及海流等而漂流，肉眼易於認識；當夫天氣晴麗之日中，見海面上如塵埃而漂浮者，其大部分卽浮游生物也。浮游生物之中，有於一生涯間專營浮游生活者，有僅於幼時營浮游生活者，常於日光透射充分之沿岸水中盛行繁殖。

浮游生物之中，以缺乏浮游力者，居其多數。此等浮游生物，爲求自體浮游計，故常現出種種

之構造，例如蓄積比重較輕之油類與氣體等物質，以保持身體較海水爲輕者；形狀保持較大者；射出多數細長之毛狀突起者；羣生者；形狀扁平，其扁平面與水平面保持平行者；形成針狀，其長軸與水平面保持平行者；俱爲增加對於海水之摩擦以維持身體輕浮之構造也。然在環蟲類及甲殼類中，具有游泳力，夜間上昇十數尋至數十尋，及晝間下降者，亦數見不鮮。

供採取浮游生物之器具，稱曰浮游生物網，採取時，將網放在水面，一端繫於船後，船漸前進時，網隨船行，即有許多浮游生物進入網中（第四十八圖）。

浮游生物有動物性與植物性之分。植物性浮游生物，自無移動之力；動物性浮游生物，夜間常現於表面，晝間常沈於海底或下層。植物性浮游生物，常爲動物性浮游生物之營養物質，大形之海產動物，亦常用爲食餌，以

第四十八圖



浮游生物網

營養身體。

植物性浮游生物之主要者，爲硅藻類與鞭藻類。硅藻類在純然沿岸水性中，常成大羣而浮游，就中以 Chaetoceras 爲最普通。鞭藻類或稱鞭毛蟲類，視爲原生動物者有之，在沿岸水中，稍混有大洋水之溫暖地方，發生甚盛，其中以 Ceratium 與 peridinium 爲最普通。

動物性浮游生物，以屬於甲殼類之撓脚類爲主，而原生動物、腔腸動物、棘皮動物、環形動物、軟體動物與節足動物中之甲殼類等，則大多數於幼時營浮游生活，而於一生涯間營之者則較少，惟魚類則終生營之。營大洋生活之原生動物，如有孔蟲與放射蟲，及屬於軟體動物之翼足類等之骨骼，如前所述，則能沈澱堆積，以構成軟泥質之底質。

第三節　最少限之法則

利比喜氏 (Liebig)，發見關於生物營養之法則，同氏所述雖多關於植物，然對於動物亦可適用。

植物之營養上所必須之要素，爲含有碳素、氫素、氧素、氮素、硫黃、磷、石灰、鉀、鎂、鐵等十種之化合物；就中以氮素化合物、鉀、石灰及磷酸等爲植物營養上之四大要素，故於施肥之際，亟宜加以注意。然植物營養之作用，各種營養物質，並非各各單獨作用，必須與其他營養物質共同作用，始呈效力。然一種植物之營養，各種營養物質之間，亦必有適當之一定比例，若某種營養物質之一，其分量較此一定之比例爲少，假令其他營養物質有任何之多量存在，該種植物，必不能充分生育，此與三足之鼎相同，凡三本之足中，如有一本較短，則其他二本，必不能支持鼎身，而致傾倒矣。故植物生育之良否，對於各種營養物質之適當的比例，多被不足之營養物質所支配。海水中所含上述之四大要素中，鉀與石灰雖常達必要之量以上，氮素化合物與磷酸，則含量常甚稀少。海產生物之營養，係以植物性浮游生物爲基礎，其繁殖之良否，對於海產生物全體發育之良否，因具甚大之關係，故海產生物生育之良否，常與氮素化合物及磷酸存在量之多少有比例也。

供給海水之四大要素，其根源爲河川，即由淡水溶解此等物質，漸漸搬運至於海水中而來。就中磷酸雖不由細菌所分解或構成，然氮素化合物，則常由細菌分解或構成之。

第四節　細菌之作用

存在於海水中之氮素化合物，雖有硝酸鹽、亞硝酸鹽及錏鹽等數種；然植物則主由硝酸鹽以攝取氮素也。海水之中，如陸上然，尙含有硝酸菌、亞硝酸菌及硝酸還原菌等，作用於氮素化合物之細菌。如亞硝酸菌之生活要素，係要求錏鹽以析出亞硝酸鹽；硝酸菌之生活要素，係要求亞硝酸鹽以析出硝酸；硝酸還原菌之生活要素，係將硝酸鹽還原爲亞硝酸鹽及錏，而更分解游離之氮素。惟此等菌類之繁殖，對於海水之溫度，却具密接之關係，即水溫高，養氣不足時，僅硝酸還原菌得繁殖；其中水溫中庸，養氣充足時，則硝酸菌與亞硝酸菌之繁殖旺盛，水溫低降時，則無論何種細菌，殆皆不克繁殖矣。

寒帶地方之海水中，植物性浮游生物之不發育，係基因於水溫低降使然；然細菌殖之不能繁殖，亦當爲原因之一。熱帶地方之沿岸水中，植物性浮游生物之不發育，乃由硝酸還原菌繁殖旺盛，致硝酸鹽不足使然。溫帶地方之沿岸水中，除水溫較低之冬季及水溫較高之夏季外，在水

溫中庸之春秋二季中，因硝酸菌與亞硝酸菌之活動較大，故在此時期中，氮素化合物頗豐，兼以降雨較多，常自陸上搬入多量之各種養分，因而植物性浮游生物之產出頗夥，同時且更有動物性浮游生物，羣生其中。如再將春秋二季互相比較之，夏季中因硝酸還原菌之活動較大，故至於秋季中氮素化合物之存在量較小，反之，冬季中因細菌之活動而氮素化合物之逐漸蓄積，故至春季，其存在量得較大，隨而春季中浮游生物之發育，常較秋季爲良好。如於春期中魚族及其他一般海產生物之產卵而營生育者，即因浮游生物豐富所致。

第五節　海產生物之適所

海產生物之生活上所必需之要素，爲要求日光、溫熱、食物（營養物質）與空氣等數種。此等要素之用量，常隨生物之種類而異；又在同一生物，依時期之不同，亦稍有差異與變化。故在此等要素之比例最適合之處，則各種生物，常有多量棲息。

日光爲海產生物之發育上所不可缺少者，如海產植物，即僅藉日光之力，方能營同化作用

也。故在日光垂直的深海之深層中與在水平的寒帶方面之生物，其發育往往不能充分。

溫熱、即水溫是也。多數海產生物，皆係冷血動物，故對於所棲海水溫度之變化，甚爲敏銳。凡遇水溫過高或過低，因能使新陳代謝之作用過盛或過緩，故在日光垂直的深海之深層中與在水平的熱帶地方及寒帶地方之生物，其發育亦不充分。

食物、亦海產生物之發育上最主要者。海產動物，除貝類以外，多帶肉食性，常強食弱肉，貪得不饜。其最初之食物，則爲浮游生物，如陸上之牧草然。凡浮游生物繁茂之處，各種海產動物，亦必十分繁榮。動物性浮游生物主由植物性浮游生物以營養之，植物性浮游生物則由陸地所注入之淡水中所溶解之肥料以培養之。凡自陸地注入淡水，受其影響之範圍，爲沿岸水之範圍，然在熱帶方面沿岸水中所溶解之肥料，以該地之高溫，被分解細菌所分解者，常較被植物浮游生物所利用者爲多，寒帶方面因水溫過低，植物性浮游生物之發生不良，因之沿岸水中所溶解之肥料，被植物性浮游生物利用者無之。溫帶方面之沿岸水中所溶解之肥料，常被植物性浮游生物之充分利用，故該處頗適於動物性浮游生物及各種海產生物之生育。

空氣爲生物營呼吸時之必須物也。海水中之空氣，常由海之表面溶解而來，故海水上層所溶解之空氣，常甚充足，海產生物適於發育，深海之深層因空氣不足，海產生物卽不適於發育。

茲將海水中日光、溫熱、食物及空氣之量，表示其比例如左：

			日光	溫熱	食物 肥料	食物 浮游生物	空氣
熱帶方面	沿岸水		充分	過高	少量	少量	充分
	大洋水	上層	充分	過高	少量	少量	充分
		下層	不充分	過低	少量	少量	不充分
溫帶方面	沿岸水		充分	中庸	多量	多量	充分
	大洋水	上層	充分	中庸	少量	少量	充分
		下層	不充分	過低	少量	少量	不充分

寒帶方面	上層	不充分	過低	多量	少量	充分
	下層	不充分	過低	少量	少量	不充分

由上表觀之，可知日光充分、溫熱中庸、食物較多、空氣充足者，爲溫帶方面沿岸水之範圍，故在此範圍中，海產生物生育旺盛，尤以在海底之水深達二百公尺之大陸架處爲更甚，故大陸架自古利用爲良好之漁場，此爲溫帶方面沿岸水範圍中之特色也。

普通在水溫較高之處，海產生物之種類，雖甚繁多，然某一種類而合成大羣者則無之。反之、在水溫較低之處，海產生物之種類，雖甚稀少，然常見某一種類合成大羣而棲息，例如鱈、鯡或昆布密集於日本北海道方面者卽是。

大洋水中，魚類殆不生育，然鰻之一類，則有以大洋水深達數百公尺之深處爲產卵場者。浮游生物之浮游於大洋水者，雖亦僅屬少數，然其死殼經長久之年月，必漸漸沈積而構成大洋之底質。大洋之下層，因食餌稀少，故僅發見一種口大、身體細長、肉質脆弱、眼球微小或缺如、偏黑色

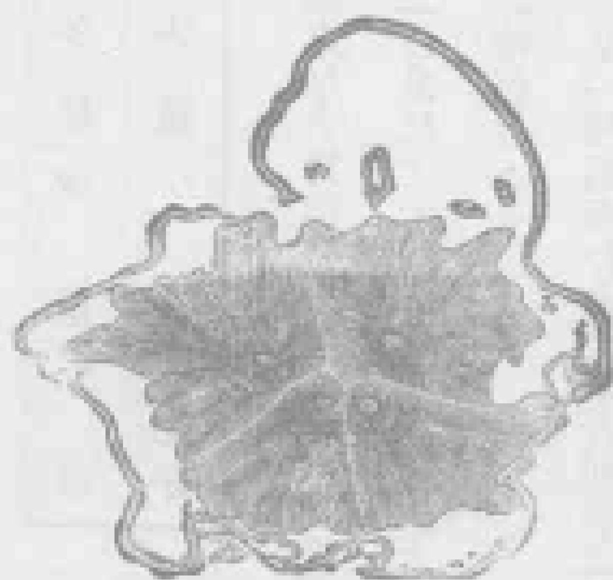
或偏褐黑之魚類。是故大洋水之範圍與陸上之砂漠相似，亦爲不毛之地，且其區域較廣，約占全海面之八二%許。

第六節　珊瑚礁

珊瑚爲在水深四十公尺以內，水溫不降至二十度以下，水質澄清，海面平穩之淺海中所繁殖之一種動物，能盛行分泌炭酸石灰，以形成骨骼，造成巖礁。然造成巖礁之珊瑚，係屬於石珊瑚一類。

珊瑚造成之巖礁，名曰珊瑚礁。可分爲三種：第一，沿海岸而生者，名曰岸礁；第二，遠離海岸，擴成帶狀，其間挾有海水者，名曰堡礁；第三，孤立海中，形成不規則之環狀，內部瀦有穩靜之海水者，名曰環礁。珊瑚礁之成因，達爾文氏曾用陸地降下說以說明

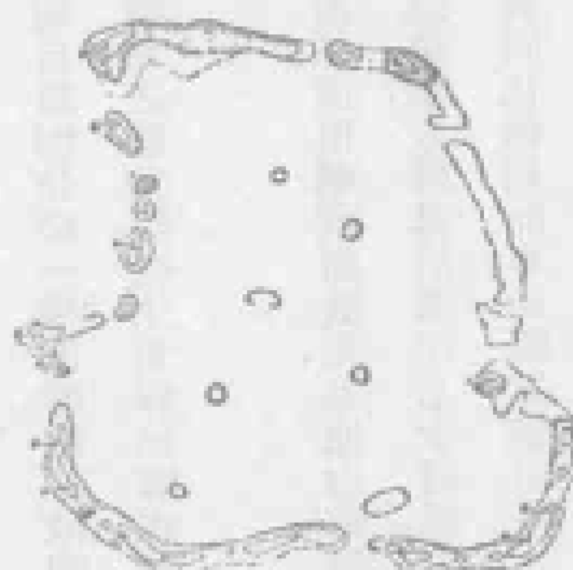
第四十九圖



堡礁

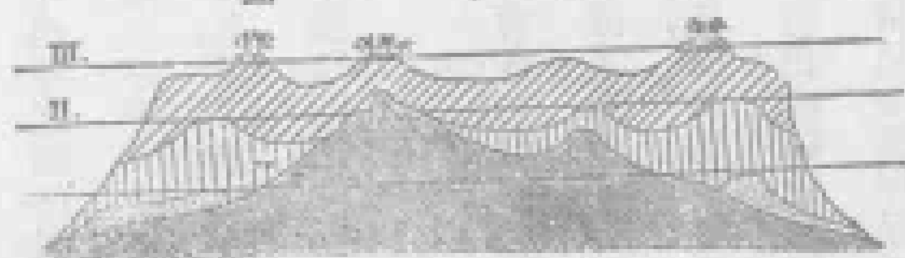
之，部「珊瑚雖爲生活於淺海之動物，然其遺骸，則深處亦常見之，故嚴礁之基礎，必由地盤之漸次下降而成者，當其生成時，最初必先形成岸礁，次之乃形成堡礁，最後始形成環礁」一云。然其後之珊瑚礁，未必僅限於土地降下之處，如菲濟島(Fiji island)隆起之跡上，因亦有發見，故現時有稱其發生於大陸之一部成島嶼，被海水所侵蝕，於海中所成之淺臺地上者。

第五十圖



環礁

第五十一圖



岸礁

第七節 發光及色

海水之中往往生有能發光之生物，而淡水中則無之。如發光細菌與夜光蟲等之能發微光，即爲人所熟知者也。當夜間航行於海上時所見之光，即由發光細菌與夜光蟲之羣體所發生。海螢爲甲殼類中屬於介形類之生物，能自口側分泌一種液體，此種液體接觸海水，即能發光。又如螢鯛、螢鰮與其他魚類，亦常有一種特別之發光器，發生光輝，如櫛水母與螢水蚤等，則往往屈折或反射光線而發光。

發光生物所發之光，如發光細菌係僅由刺戟而發光，其他由威嚇而發光者有之，由探食餌與求同類而發光者亦有之。能發光之魚類，以棲息於深達七十尋至二百五十尋之深處爲最多。

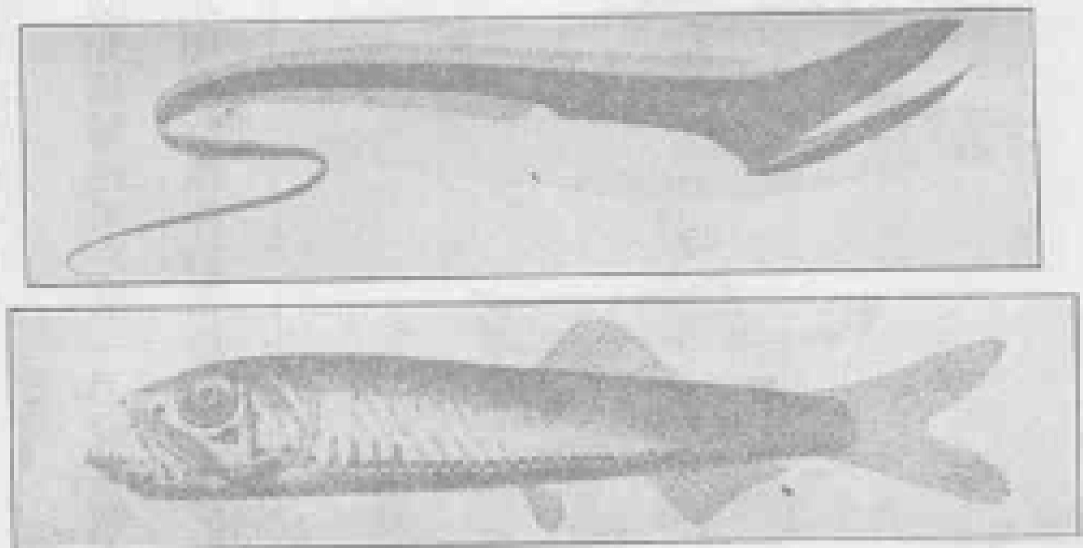
海產生物之色，係因保護作用與同化作用而來，如鰹與鯖因係大洋性魚族，故多呈與水色相似之青碧色或近於黑色；如鱗與鱸因係沿岸水性魚族，故多呈近於水色之青色或綠色，如鰈與比目魚因係底性魚族，故常呈與底色相似之色，又如棲息於海藻中之魚類，常呈海藻相近之

色，其他一切魚族，其腹面恆呈白色者，皆由保護作用而起之色也。至如棘鬣魚與鮋等棲息於接近淺海海底者之呈赤色，棲息於百五十尋深處者之呈紅紫色與褐色等，則皆由同化作用而起之色也。凡基因於同化作用而起之色，以呈所棲深處之光色之餘色（二色相混成白色時此二色即互爲餘色）者居多。

第八節　繁殖

浮游生物大抵於一年之中，即行死滅，然大多數之海產動物，則常能保持數年至十數年之生命。如海產之魚族，即其一例。欲檢出魚族之年

第五十二圖



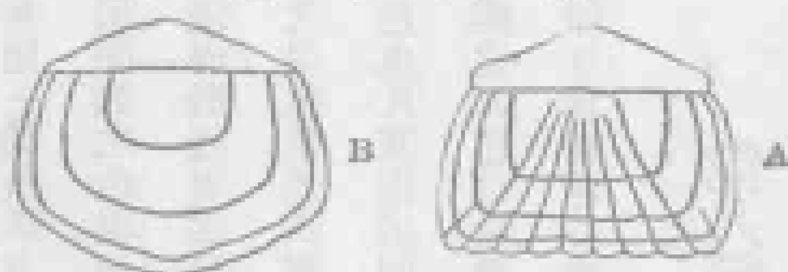
深海魚二種

（下有發光器者）

齡，有一最易之方法，即觀察鱗上所存之年輪，就之以算出其年齡是也。

已達成熟期之海產動物，必能產卵，產卵者，所以防止種屬絕滅之唯一手段也。就中如鮫類之產大卵者，所產卵數常較稀少。如棘鬣魚與鱈之產小卵者，所產卵數常達數十萬至數百萬粒

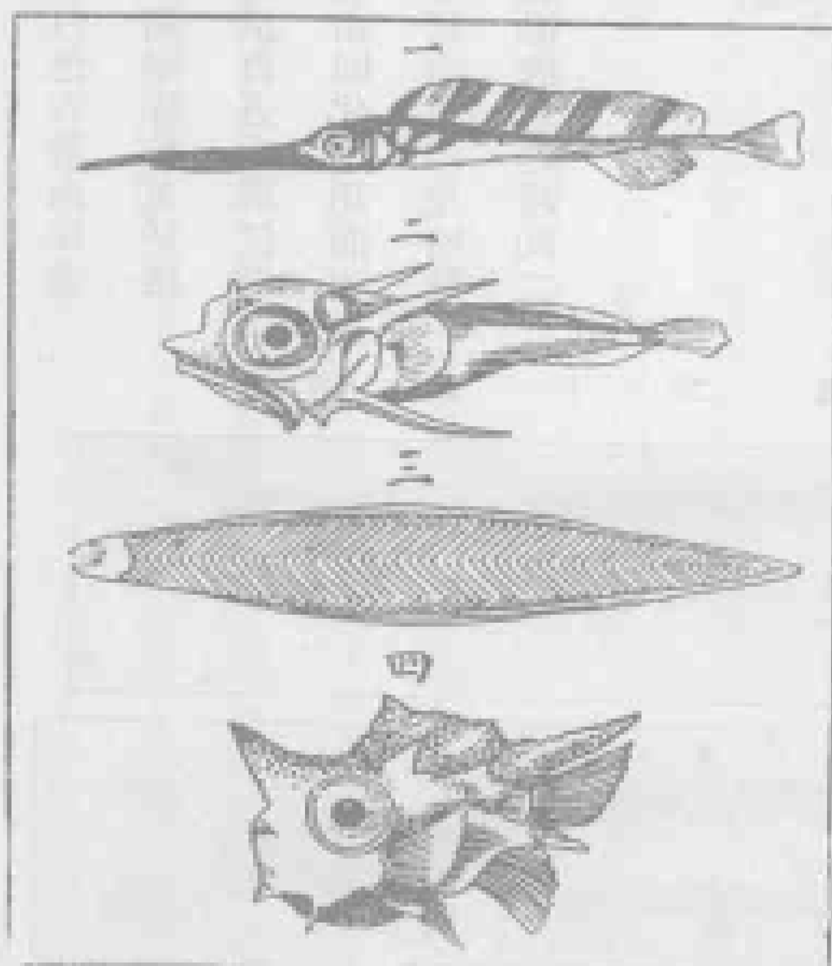
第五十三圖



鱗與年輪

(A)四年生棘鬣魚之鱗　(B)四年生鯡之鱗

第五十四圖



與親相異之稚魚

(一)旗魚之稚魚　(二)[illegible]魚之稚魚

(三)鰻鱺之稚魚　(四)翻車魚之稚魚

之多。此因如鮫類之產大卵者，在卵時代及稚魚之時代中，被其他魚類所捕食者無之，故所產少數之卵，恆能全數俱孵化而爲成魚。反之，如棘鬣魚與鱈等之產小卵者，在卵時代及稚魚時代中，被其他魚類所捕食者極多，故雖產多數之卵，得孵化而爲成魚者，不過居其少數而已；通常產多數之大卵者雖或有之，然隨魚體之大小而各有一定，故視消耗率之大小，以定產卵之大小與多少，實爲繁殖上最安全之方法，即消耗率小時，則產少數之大卵，消耗率大時，則產多數之小卵，二者選一以行之是也。魚卵之孵化，常不關係於被其他魚類捕食之多少，而水溫及海流等，實爲最重要之條件。鮫類之卵，孵化而爲成魚之數目雖多，然常不生甚大之相差，惟如棘鬣魚與鱈等之卵孵化而爲成魚之數，則相差甚大，如鮪之胥胎生者，則往往位在二者之中間。

人工孵化者，即將魚類之卵，由人爲的處理，

第五十五圖



鱈之變態

(一)孵化後　(二)四週後

(三)六週後　(四)八週後

使其孵化，以除去卵時代之消耗是也。稚魚飼育者，即將人工孵化之稚魚，飼育至其有活動力之時，方放入湖水或大海之中，以除去孱弱稚魚初期之消耗是也。故欲積極的希望魚族之增加，則非施行人工孵化與稚魚飼育不可；一面又須嚴禁採取卵子與捕捉稚魚，以保護其繁殖，如是魚族之增加，漁業之振興，庶乎有望矣。

卵有浮卵與沈卵之分，沈卵則多具附着性。卵經數日之後，孵化而爲許多之稚魚，稚魚初時生育於沿岸，漸漸生長，則漸向中央移動。已產卵之魚，如鮭、鱒、鮎等，往往於一回產卵以後即行死去，然多數皆能生命永續，年年產卵。

凡自孵化至達於成熟期之魚，稱曰稚魚。稚魚能發生變態者，往往有之。稚魚時代，限於一年者有之，綿亙數年者亦有之。一切魚族至達第一回產卵時之大多稱爲生物學的最小形。故如欲求魚族及其他水族之蕃殖，則須在自卵時代至成生物學的最小形之時期中，加以綿密之保護。

第九節 洄游

海產生物達相當之長距離而作游泳移動時，稱曰洄浮。惟其洄浮之通路，則略有一定。凡營洄浮之生物，曰洄浮生物。終生在沿岸生活之生物，曰沿岸性生物。接近海底而生活者，則曰底性生物。多數魚族之洄浮，其距離雖有長有短，然洄游之通路，則俱稱之曰魚道。其成大羣而洄游者，以在求食與抵產卵場時為較多，前者名曰索餌洄游，後者名曰產卵洄游。如鮭之一類，其索餌洄游，雖在海水之中，然產卵洄游，則往往溯河而上；鰻類則反之，其索餌洄游多在河中，產卵洄游則下游至於海水中。其他一般海產魚族則以在海水中營索餌洄游及產卵洄游者居多。

魚族為冷血動物，無溫度之調節機能，因之其感覺水溫之變化，甚為銳敏，故常追索自體之適溫而洄游。又在呼吸上對於海水中鹽分之變化極銳敏者有之，對於可為食餌之浮游生物之量及種類之變化極銳敏者亦有之。

凡調查海洋之狀態及其變化者，稱曰海洋調查。依據海洋調查，即可明瞭魚族洄游之範圍及魚道，直接調查魚族洄游之方法，在魚體上附以標識者，往往有之，就中以調查如鮭、鱒等溯河而上之魚族，頗有適

第五十六圖



附標識之魚

當良好之成績。

魚族因海洋之狀態及變化而作洄游者雖有之，然在不適於自體之情形下而作休眠者，亦不乏其例；如鱈、鰊、鬚魚、鱘、鰛等俱是。惟鱈與鰊鬚魚之休眠期較短，鱘與鰛等則一年之中大部分皆作休眠之狀態。

依據海洋調查雖可明瞭魚族洄游之範圍與通路，然於此處該種魚族，究有大羣存在與否？一面於過去之情形下，對於產卵之多少、孵化之比例、稚魚成育之良否等，頗有甚大之原因。故同時不僅講究此等調查而已，在過去情形下之海洋狀態及風向、風力、日照時間、降水量等氣象狀態，害敵迫害之多少等，亦有甚大之關係也。

海洋學通論終

附　　錄

第　一　表

〔使　用　法〕

例：　現場比重爲 1·0246，當同比重檢出時之水溫爲 19·8，試求換算比重！

解：　表內現場比重 1·0240 一欄中，水溫 19·8，因在 19·6 與 19·9 之間，故檢取左方換算比重 1·0250 與上方之 1，卽可求得換算比重爲 1·0250＋1＋6＝1·0257。

備考：　如現場比重爲 1·0246，當同比重檢出時之水溫爲 19·5 則其換算比重，可依法求得爲 1·0250＋0＋6＝1·0256 如現場比重爲 1·0246，當同比重檢出時之水溫爲 19·6 則其換算比重，依法求得，亦爲 1·0250＋1＋6＝1·0257。此時比重計之膨脹係數亦已算入。

現場比重	換算比重	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		水温									
1.0010	1.0000					2.6	6.5	10.4	11.7	12.8	13.6
	10	14.5	15.3	16.1	16.8	17.3	18.0	18.5	19.1	19.6	20.1
	20	20.6	21.2	21.6	22.1	22.6	23.1	23.5	24.0	24.4	24.9
	30	25.3	25.7	26.2	26.6	27.0	27.4	27.7	28.1	28.4	28.8
	40	29.2	29.5	29.9	30.3						
1.0020	1.0010					1.8	6.3	10.5	11.7	12.8	13.7
	20	14.5	15.3	16.1	16.7	17.3	17.9	18.5	19.0	19.5	20.0
	30	20.5	21.1	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	23.9	24.3	24.8
	40	25.2	25.7	26.1	26.5	26.9	27.3	27.6	28.0	28.3	28.7
	50	29.1	29.4	29.8	30.1						
1.0030	1.0020				3.4	6.5	9.2	10.7	11.8	12.9	13.7
	30	14.5	15.3	16.1	16.7	17.3	17.9	18.4	18.9	19.5	20.0
	40	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	22.9	23.4	23.8	24.3	24.7
	50	25.1	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.5	27.9	28.3	28.6
	60	28.9	29.3	29.7	30.0						
1.0040	1.0030				2.2	6.7	9.5	10.8	12.0	12.9	13.7
	40	14.5	15.3	16.1	16.7	17.3	17.9	18.4	18.9	19.4	19.9
	50	20.4	20.9	21.4	21.9	22.4	22.9	23.3	23.7	24.1	24.6
	60	25.1	25.5	25.9	26.3	26.7	27.1	27.5	27.8	28.1	28.5
	70	28.9	29.2	29.5	29.9	30.3					
1.0050	1.0040				1.4	6.0	9.7	10.9	12.1	12.9	13.7
	50	14.5	15.3	16.0	16.7	17.2	17.8	18.3	18.8	19.3	19.9
	60	20.3	20.9	21.3	21.9	22.3	22.8	23.2	23.6	24.1	24.5
	70	24.9	25.3	25.8	26.2	26.6	27.0	27.4	27.7	28.0	28.4
	80	28.8	29.1	29.5	29.8	30.2					
1.0060	1.0050			3.0	5.7	8.4	10.0	11.1	12.2	13.1	13.8
	60	14.5	15.3	16.0	16.7	17.2	17.8	18.3	18.8	19.3	19.8
	70	20.3	20.8	21.3	21.7	22.2	22.7	23.1	23.6	24.0	24.4
	80	24.8	25.3	25.7	26.1	26.5	26.9	27.3	27.6	27.9	28.3
	90	28.7	29.0	29.4	29.7	30.1					
1.0070	1.0060			1.7	6.6	8.7	10.1	11.2	12.2	13.1	13.8
	70	14.5	15.3	16.0	16.6	17.2	17.7	18.3	18.8	19.3	19.8
	80	20.3	20.8	21.2	21.7	22.2	22.7	23.1	23.5	23.9	24.3
	90	24.8	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.5	27.9	28.2
	100	28.5	28.9	29.3	29.6	30.0					
1.0080	1.0070			0.8	7.0	9.1	10.3	11.3	12.3	13.1	13.9
	80	14.6	15.3	16.0	16.5	17.2	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7
	90	20.1	20.7	21.2	21.6	22.1	22.5	23.0	23.4	23.8	24.3
	100	24.7	25.1	25.5	25.9	26.3	26.7	27.1	27.4	27.7	28.1
	110	28.5	28.8	29.2	29.5	29.9	30.2				
1.0090	1.0080		2.2	5.1	7.5	9.2	10.4	11.3	12.3	13.1	13.9
	90	14.6	15.3	16.0	16.5	17.1	17.6	18.2	18.7	19.2	19.7
	100	20.1	20.6	21.1	21.6	22.0	22.5	22.9	23.3	23.7	24.1
	110	24.6	25.0	25.4	25.8	26.2	26.6	27.0	27.3	27.7	28.0
	120	28.4	28.7	29.1	29.4	29.7	30.1				

現驗比重	換算比重	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		赤道									
1.0100	1.0000		1.0	6.1	8.0	9.5	10.5	11.5	12.4	13.2	13.9
	100	14.6	15.3	16.0	16.5	17.1	17.6	18.2	18.7	19.2	19.6
	110	20.1	20.5	21.1	21.5	21.9	22.4	22.8	23.3	23.7	24.1
	120	24.5	24.9	25.3	25.7	26.1	26.5	26.9	27.2	27.6	27.9
	130	28.3	28.6	28.9	29.3	29.6	30.0				
1.0110	1.0100		0.0	6.7	8.3	9.6	10.7	11.6	12.5	13.2	13.9
	110	14.6	15.3	15.9	16.5	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.6
	120	20.0	20.5	21.0	21.5	21.9	22.3	22.8	23.2	23.6	24.0
	130	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.5	27.8
	140	28.2	28.5	28.8	29.2	29.5	29.9	30.2			
1.0120	1.0110	1.4	4.8	6.9	8.6	9.7	10.8	11.7	12.5	13.3	14.0
	120	14.7	15.3	15.9	16.5	17.1	17.6	18.1	18.6	19.1	19.5
	130	20.0	20.4	20.9	21.3	21.8	22.3	22.7	23.1	23.5	23.9
	140	24.3	24.7	25.1	25.5	26.0	26.3	26.7	27.1	27.4	27.7
	150	28.1	28.4	28.8	29.1	29.4	29.8	30.1			
1.0130	1.0120	0.0	5.6	7.3	8.8	9.9	10.9	11.7	12.5	13.3	14.0
	130	14.7	15.3	15.9	16.5	17.0	17.5	18.1	18.5	19.0	19.5
	140	19.9	20.4	20.9	21.3	21.7	22.2	22.6	23.1	23.5	23.9
	150	24.3	24.7	25.1	25.5	25.9	26.2	26.6	26.9	27.3	27.6
	160	28.0	28.3	28.7	29.0	29.3	29.7	30.0			
1.0140	1.0130	2.9	6.1	7.7	9.1	10.1	10.9	11.9	12.6	13.3	14.0
	140	14.7	15.3	15.9	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	18.9	19.4
	150	19.9	20.4	20.8	21.3	21.7	22.1	22.5	23.0	23.3	23.7
	160	24.1	24.6	25.0	25.4	25.7	26.1	26.5	26.9	27.2	27.5
	170	27.9	28.3	28.6	28.9	29.2	29.6	29.9	30.1		
1.0150	1.0140	4.7	6.7	8.1	9.2	10.2	11.1	11.9	12.7	13.3	14.0
	150	14.7	15.3	15.9	16.4	17.0	17.5	18.0	18.4	18.9	19.4
	160	19.9	20.3	20.7	21.2	21.6	22.1	22.5	22.9	23.3	23.7
	170	24.1	24.5	24.9	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.1	27.5
	180	27.8	28.1	28.5	28.8	29.2	29.5	29.8	30.1		
1.0160	1.0140										0.0
	150	5.3	7.1	8.3	9.3	10.3	11.2	12.0	12.7	13.4	14.0
	160	14.7	15.3	15.9	16.4	16.9	17.5	18.0	18.4	18.9	19.3
	170	19.8	20.2	20.7	21.1	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6
	180	24.0	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0	26.3	26.7	27.1	27.4
	190	27.7	28.0	28.4	28.7	29.1	29.4	29.7	30.0		
1.0170	1.0150									0.0	3.5
	160	5.7	7.2	8.5	9.5	10.4	11.2	12.0	12.7	13.4	14.0
	170	14.7	15.3	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.4	18.8	19.3
	180	19.7	20.2	20.7	21.1	21.5	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6
	190	23.9	24.3	24.7	25.1	25.5	25.9	26.3	26.6	26.9	27.3
	200	27.6	28.0	28.3	28.6	28.9	29.3	29.6	29.9	30.3	
1.0180	1.0160									0.0	4.5
	170	6.3	7.5	8.7	9.7	10.5	11.3	12.1	12.8	13.4	14.0
	180	14.7	15.3	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9	18.3	18.8	19.2
	190	19.7	20.1	20.5	21.0	21.5	21.9	22.3	22.7	23.1	23.5
	200	23.9	24.2	24.6	25.0	25.4	25.8	26.1	26.5	26.8	27.2
	210	27.5	27.9	28.2	28.5	28.8	29.2	29.5	29.9	30.2	

現場比重	換算比重	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		水温									
1.0190	1.0170								0.0	2.4	5.1
	180	6.7	8.0	8.8	9.9	10.6	11.8	12.1	12.8	13.5	14.1
	190	14.7	15.3	15.9	16.4	16.9	17.3	17.9	18.3	18.7	19.2
	200	19.6	20.1	20.5	20.9	21.4	21.9	22.2	22.6	23.0	23.4
	210	23.8	24.1	24.5	24.9	25.3	25.7	26.1	26.4	26.8	27.1
	220	27.5	27.8	28.1	28.4	28.8	29.1	29.4	29.8	30.1	
1.0200	1.0180								0.0	3.5	5.6
	190	6.9	8.1	9.1	9.9	10.7	11.5	12.2	12.9	13.5	14.1
	200	14.7	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.9	18.3	18.7	19.2
	210	19.6	20.0	20.5	20.9	21.3	21.7	22.1	22.5	22.9	23.3
	220	23.7	24.1	24.5	24.8	25.2	25.6	21.0	26.3	26.7	27.0
	230	27.3	27.7	28.0	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.3
1.0210	1.0190							0.0	2.0	4.4	6.1
	200	7.3	8.3	9.2	10.1	10.8	11.6	12.3	12.9	13.5	14.1
	210	14.7	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.3	18.7	19.1
	220	19.6	20.0	20.4	20.9	21.3	21.7	22.1	22.5	22.9	23.2
	230	23.6	24.0	24.4	24.8	25.1	25.5	25.9	26.3	26.6	26.9
	240	27.3	27.6	27.9	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.9	30.2
1.0220	1.0200							0.0	2.8	4.9	6.4
	210	7.5	8.4	9.3	10.1	10.9	11.6	12.3	12.9	13.5	14.1
	220	14.7	15.3	15.8	16.3	16.8	17.3	17.8	18.2	18.7	19.1
	230	19.5	20.0	20.4	20.8	21.2	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2
	240	23.6	23.9	24.3	24.7	25.1	25.4	25.8	26.2	26.5	26.8
	250	27.8	27.5	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.1
1.0230	1.0210							0.0	3.7	5.3	6.7
	220	7.7	8.7	9.5	10.3	11.0	11.6	12.4	12.9	13.6	14.1
	230	14.7	15.3	15.8	16.3	16.8	17.2	17.8	18.2	18.6	19.1
	240	19.5	19.9	20.3	20.8	21.2	21.6	22.0	22.4	22.8	23.1
	250	23.5	23.9	24.2	24.6	25.0	25.3	25.7	26.1	26.4	26.8
	260	27.1	27.4	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.7	30.0
1.0240	1.0220						0.0	2.4	4.4	5.9	6.9
	230	7.9	8.8	9.6	10.4	11.1	11.7	2.4	13.0	13.6	14.1
	240	14.7	15.3	15.8	16.3	16.8	17.2	6.7	18.1	18.6	19.0
	250	19.5	19.9	20.3	20.7	21.1	21.5	21.9	22.3	22.7	23.1
	260	23.4	23.8	24.2	24.5	24.9	25.3	25.6	26.0	26.3	26.7
	270	27.0	27.3	27.7	28.0	28.3	28.7	28.9			
1.0250	1.0230						0.0	3.1	4.8	6.1	7.2
	240	8.1	8.9	9.7	10.4	11.0	11.8	12.5	13.0	13.6	14.2
	250	14.7	15.2	15.8	16.2	16.7	17.2	17.6	18.1	18.5	19.0
	260	19.4	19.8	20.3	20.7	21.1	21.5	21.9	22.3	22.6	23.0
	270	23.4	23.7	24.1	24.4	24.8	25.2	25.5	25.4	26.3	26.6
1.0260	1.0240					0.0	2.0	3.7	5.2	6.4	7.4
	250	8.3	9.1	9.9	10.5	11.2	11.9	12.5	13.1	13.6	14.2
	260	14.7	15.2	15.8	16.2	16.7	17.2	17.6	18.1	18.5	[illegible]
	270	19.4	19.8	20.2	20.6	24.0	21.4	21.8	22.2	22.6	
1.0270	1.0250					0.0	2.7	4.4	5.6	6.7	7.6
	260	8.4	9.2	10.0	10.6	11.2	11.9	2.5	13.1	13.6	14.2
	270	14.7	15.2	15.8	16.2	16.7	17.2	17.6	18.1	18.5	18.9

第二表

〔使用法〕

例: 換算比重爲 1·0251,試求含有之鹽分!

解: 表中換算比重 1·0250 與上方 1 相合之處,爲 33·8; 故換算比重在 1·0251 時所含有之鹽分,爲 1000 分中 33·8 公分。

換算比重	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	鹽分									
1.0010	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.6
20	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.9
30	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.2
40	6.3	6.4	6.6	6.7	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	7.5
50	7.6	7.7	7.9	8.0	8.1	8.2	8.4	8.5	8.6	8.8
60	8.9	9.0	9.2	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	9.9	10.1
70	10.2	10.3	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4
80	11.5	11.6	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.6	12.7
90	12.8	12.9	13.1	13.2	13.3	13.5	13.6	13.7	13.9	14.0
1.0100	14.1	14.3	14.4	14.5	14.6	14.8	14.9	15.0	15.2	15.3
110	15.4	15.6	15.7	15.8	16.0	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6
120	16.7	16.8	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.7	17.8	17.9
130	18.0	18.2	18.3	18.4	18.6	18.7	18.8	18.9	19.1	19.2
140	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0	20.1	20.3	20.4	20.5
150	20.7	20.8	20.9	21.1	21.2	21.3	21.5	21.6	21.7	21.8
160	22.0	22.1	22.2	22.4	22.5	22.6	22.8	22.9	23.0	23.2
170	23.3	23.4	23.5	23.7	23.8	23.9	24.1	24.2	24.3	24.5
180	24.6	24.7	24.9	25.0	25.1	25.3	25.4	25.5	25.6	25.8
190	25.9	26.0	26.2	26.3	26.4	26.6	26.7	[illegible]	26.9	27.1
1.0200	27.2	27.3	27.5	27.6	27.7	27.9	28.0	28.1	28.2	28.4
210	28.5	28.6	28.8	28.9	29.0	29.2	29.3	29.4	29.5	29.7
220	29.8	29.9	30.1	30.2	30.3	30.5	30.6	30.7	30.8	31.0
230	31.1	31.2	31.4	31.5	31.6	31.8	31.9	32.0	32.2	32.3
240	32.4	32.5	32.7	32.8	32.9	33.1	33.2	33.3	33.5	33.6
250	33.7	33.8	34.0	34.1	34.2	34.4	34.5	34.6	34.8	34.9
260	35.0	35.1	35.3	35.4	35.5	35.7	35.8	35.9	36.1	36.2
270	36.3	36.4	36.6	36.7	36.8	37.0	37.1	37.2	37.4	37.5

第三表

華氏換算至攝氏表

華氏	攝氏	華氏	攝氏	華氏	攝氏	華氏	攝氏	華氏	攝氏
—20	—28.9	28	—2.2	56	13.3	84	28.9	0.1	0.1
—15	—26.1	29	—1.7	57	13.9	85	29.4	0.2	0.1
—10	—23.3	30	—1.1	58	14.4	86	30.0	0.3	0.2
— 5	—20.6	31	—0.6	59	15.0	87	30.6	0.4	0.2
0	—17.8	32	0.0	60	15.6	88	31.1	0.5	0.3
5	—15.0	33	0.6	61	16.1	89	31.7	0.6	0.3
6	—14.4	34	1.1	62	16.7	90	32.2	0.7	0.4
7	—13.9	35	1.7	63	17.2	91	32.8	0.8	0.4
8	—13.3	36	2.2	64	17.8	92	33.3	0.9	0.5
9	—12.8	37	2.8	65	18.3	93	33.9		
10	—12.2	38	3.3	66	18.9	94	34.4		
11	—11.7	39	3.9	67	19.4	95	35.0		
12	—11.1	40	4.4	68	20.0	96	35.6		
13	—10.6	41	5.0	69	20.6	97	36.1		
14	—10.0	42	5.6	70	21.1	98	36.7		
15	— 9.4	43	6.1	71	21.7	99	37.2		
16	— 8.9	44	6.7	72	22.2	100	37.8		
17	— 8.3	45	7.2	73	22.8	101	38.3		
18	— 7.8	46	7.8	74	23.3	102	38.9		
19	— 7.2	47	8.3	75	23.9	103	39.4		
20	— 6.7	48	8.9	76	24.4	104	40.0		
21	— 6.1	49	9.4	77	25.0				
22	— 5.6	50	10.0	78	25.6				
23	— 5.0	51	10.6	79	26.1				
24	— 4.4	52	11.1	80	26.7				
25	— 3.9	53	11.7	81	27.2				
26	— 3.3	54	12.2	82	27.8				
27	— 2.8	55	12.8	83	28.3				

第四表

攝氏換算華氏表							
攝氏	華氏	攝氏	華氏	攝氏	華氏	攝氏	華氏
—30	—22.0	7	44.6	35	95.0	0.1	0.2
—28	—18.4	8	46.4	36	96.8	0.2	0.4
—25	—13.0	9	48.2	37	98.6	0.3	0.5
—23	— 9.4	10	50.0	38	100.4	0.4	0.7
—20	— 4.0	11	51.8	39	102.2	0.5	0.9
—18	— 0.4	12	53.6	40	104.0	0.6	1.1
—15	5.0	13	55.4			0.7	1.3
—14	6.8	14	57.2			0.8	1.4
—13	8.6	15	59.0			0.9	1.6
—12	10.4	16	60.8				
—11	12.2	17	62.6				
—10	14.0	18	64.4				
— 9	15.8	19	66.2				
— 8	17.6	20	68.0				
— 7	19.4	21	69.8				
— 6	21.2	22	71.6				
— 5	23.0	23	73.4				
— 4	24.8	24	75.2				
— 3	26.6	25	77.0				
— 2	28.4	26	78.8				
— 1	30.2	27	80.6				
0	32.0	28	82.4				
1	33.8	29	84.2				
2	35.6	30	86.0				
3	37.4	31	87.8				
4	39.2	32	89.6				
5	41.0	33	91.4				
6	42.8	34	93.2				